

Вінницький національний технічний університет
Факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії
Кафедра обчислювальної техніки

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

**«Біометрична технологія відстеження пересування людини у виділеній
сцені спостереження»**

Виконав: студент 2 курсу, групи 1КІ-20м
напряму підготовки (спеціальності)
123 — «Комп'ютерна інженерія»
_____ Петелько А.Ю.

Керівник: к.т.н., доц. каф. ОТ
_____ Савицька Л.А.

« ____ » _____ 2021 р.

Опонент: д.т.н., проф. каф МБІС
_____ Яремчук Ю.Є.

« ____ » _____ 2021 р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри ОТ
д.т.н., проф. Азаров О.Д.
« ____ » _____ 2021 р.

Вінницький національний технічний університет
Факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії
Кафедра обчислювальної техніки
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
Галузь знань 12 — Інформаційні технології
Спеціальність 123 — «Комп'ютерна інженерія»
Освітня програма — «Комп'ютерна інженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
обчислювальної техніки
_____ проф., д.т.н. О.Д. Азаров

«___» _____ 2021 р.

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ
Петельку Артуру Юрійовичу

1 Тема роботи «Біометрична технологія відстеження пересування людини у виділеній сцені спостереження»

керівник роботи Савицька Людмила Анатоліївна, к.т.н., доцент,
затверджені наказом вищого навчального закладу від 24.09. 2021р. №227.

2 Строк подання студентом роботи 15.12.2021 р.

3 Вихідні дані до роботи: частота надходження кадрів відеопотоку не менше 25 кадрів/сек., розмір зображення — не менше 720 x 640 пікселів, модель кольорів для представлення зображення — RGB, кількість градацій яскравості зображення — 256.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): вступ, огляд і аналіз існуючих методів відстеження пересування людини, розробка методу відстеження пересування людини, розробка послідовності відстеження пересування людини, розробка програми відстеження пересування людини, розрахунок економічної доцільності створення програми відстеження пересування людини.

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): методи виділення рухомих об'єктів, детектори виділення зображення людини, схема послідовності відстеження пересування людини, методи виділення обличчя людини, структура схема програми.

6 Консультанти розділів роботи представлені в таблиці 1.

Таблиця 1— Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1,2,3	Савицька Л. А., к.т.н., доцент		
4	Кавецький В. В., к.т.н., доцент		

7 Дата видачі завдання 07.09.2021 р.

Календарний план наведено в таблиці 2.

Таблиця 2—Календарний план

№	Назва етапів виконання магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Постановка задачі роботи	07.09.21	
2	Огляд існуючих методів відстеження пересування людини	08.09-09.09.21	
3	Аналіз та вибір методів відстеження пересування людини	10.09-28.09.21	
4	Розробка способу відстеження пересування людини	29.09-11.10.21	
5	Розробка послідовності відстеження пересування людини	12.10-21.10.21	
6	Розробка програми відстеження пересування людини	22.10-31.10.21	
7	Розробка інтерфейсу та тестування програми відстеження пересування людини	01.11-10.11.21	
8	Підготовка матеріалів та опис розробки засобів відстеження пересування людини	11.11-16.11.21	
9	Розрахунок економічної частини роботи	17.11-30.11.21	
10	Оформлення пояснювальної записки та ілюстративного матеріалу	01.12-06.12.21	
11	Аналіз виконання роботи, висновки, додатки	07.12-14.12.21	
12	Перевірка якості виконання магістерської роботи та усунення недоліків	15.12.21	

Студент _____ Петелько А. Ю.
Керівник роботи _____ Савицька Л. А.

АНОТАЦІЯ

УДК 004.9

Петелько А. Ю. Біометрична технологія відстеження пересування людини у виділеній сцені спостереження. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 123 — комп'ютерна інженерія, освітня програма комп'ютерна інженерія. Вінниця: ВНТУ, 2021. 130 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 39 назв; рис.: 12; табл. 15.

У магістерській кваліфікаційній роботі розроблено програмні засоби пошуку та відстеження пересування людини у виділеній сцені спостереження. В магістерській роботі зроблено аналіз способів побудови комп'ютерних систем пошуку та відстеження пересування людини у виділеній сцені спостереження, запропоновано здійснювати процес виділення людини із відеопотоку та відстеження пересування людини із використанням методу між кадрової різниці та застосування загорткової нейронної мережі. В роботі розроблено послідовність обробки цифрового зображення для виявлення та відстеження пересування людини та програмне забезпечення, яке його реалізує в режимі реального часу. У роботі також виконані економічні розрахунки стосовно доцільності створення нового програмного продукту.

Графічна частина складається із 7 плакатів із результатами експериментальних досліджень.

Ключові слова: міжкадрова різниця, відео потік, відстеження руху, згорткова нейронна мережа.

ANNOTATION

Petelko A. Biometric technology of tracking human movement in a selected scene of observation. Master's thesis in specialty 123 - computer engineering, computer engineering education program. Vinnytsia: VNTU, 2021. 130 p.

In Ukrainian language. Bibliogr.: 39 titles; fig.: 12; table 15.

In the master's qualification work, software tools for searching and tracking human movement in a selected observation scene have been developed. The master's thesis analyzes the methods of building computer systems for searching and tracking human movement in a selected scene, proposed to carry out the process of isolating a person from the video stream and tracking human movement using the method between frame differences and the use of wrapped neural network. The paper develops a sequence of digital image processing for detecting and tracking human movement and software that implements it in real time. The paper also performs economic calculations on the feasibility of creating a new software product.

The graphic part consists of 7 posters with the results of experimental research.

Key words: interframe difference, video stream, motion tracking, convolutional neural network.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ РОЗПІЗНАВАННЯ ОСОБИ ТА ВІДСТЕЖЕННЯ ЇЇ ПЕРЕСУВАННЯ	12
1.1 Відеоаналітика та системи біометричного спостереження	12
1.2 Аналіз методів виділення рухомих об'єктів	19
1.3 Послідовність розпізнавання особи у системах відео спостереження	25
1.4 Аналіз методів виділення та розпізнавання особи	30
1.5 Аналіз стану ринку біометричних систем	39
2 РОЗРОБКА ЗАСОБІВ ДЛЯ СИСТЕМИ ВИДІЛЕННЯ ТА ВІДСТЕЖЕННЯ ПЕРЕСУВАННЯ ЛЮДИНИ	44
2.1 Виявлення і супровід людей у відео спостереженні	44
2.2 Склад та задачі комп'ютерної системи відео спостереження	48
2.3 Розробка послідовності відстеження пересування людини	52
2.4 Засоби виявлення руху та відстеження пересування людини.....	59
3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ВІДСТЕЖЕННЯ ПЕРЕСУВАННЯ ЛЮДИНИ	67
3.1 Вибір інструментальних засобів для розробки програми.....	67
3.2 Розробка складу програми відстеження пересування особи.....	72
3.3 Розробка програми відстеження пересування особи	78
3.4 Оцінка якості запропонованого підходу	83

						<i>08-23.МКР.009.00.000 ПЗ</i>			
						Біометрична технологія відстеження пересування людини у виділеній сцені спостереження. Пояснювальна записка.	<i>Лім.</i>	<i>Маса</i>	<i>Масштаб</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>					
<i>Розробив</i>		<i>Петелько А. Ю.</i>							
<i>Керівник</i>		<i>Савицька Л. А.</i>							
<i>Рецензент</i>		<i>Яремчук Ю. Є.</i>							
<i>Н. контроль</i>		<i>Швець С. І.</i>			<i>Арк.б</i>		<i>Аркушів</i>		
<i>Затвердж</i>		<i>Азаров О. Д.</i>			<i>ВНТУ, гр. ІКІ-20м</i>				

4 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ СТВОРЕННЯ ПРОГРАМИ ВІДСТЕЖЕННЯ ПЕРЕСУВАННЯ ЛЮДИНИ	85
4.1 Проведення комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки	85
4.2 Оцінювання рівня новизни розробки	90
4.3 Розрахунок витрат на проведення науково-дослідної роботи	94
4.4 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки при її можливій комерціалізації потенційним інвестором	106
ВИСНОВКИ	112
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	114
ДОДАТОК А Технічне завдання	118
ДОДАТОК Б Лістинг програми	122
ДОДАТОК В Методи виділення рухомих об'єктів	125
ДОДАТОК Г Детектори виділення людини	126
ДОДАТОК Д Методи виділення обличчя людини.....	127
ДОДАТОК Е Послідовність відстеження переміщення людини	128
ДОДАТОК Ж Структурна схема програми	129
ДОДАТОК К Протокол перевірки навчальної роботи.....	130

ВСТУП

Завдання виявлення та супроводу рухомих об'єктів на відеозображенні — одна з класичних задач комп'ютерного зору. Вихідними даними завдання є послідовність отриманих зображень, вихідними даними — координати і розміри виявлених об'єктів. Традиційним методом виявлення руху у зображенні є обчислення міжкадрової різниці — абсолютної різниці двох послідовних зображень із отриманого відео потоку [1]. В результаті виходить зображення з виділеними областями руху. Найчастіше на такому зображенні складно виділити контури об'єкта, це вдається зробити, тільки якщо об'єкт буде однотонним і опуклим.

Супровід об'єктів у відео послідовності в даний час має різну кількість технічних застосувань і все ширше буде використовуватися в людській діяльності [2] — супровід різних об'єктів в системах технічного зору на виробництві, розпізнавання типу активності людини в системах охорони та моніторингу навколишнього середовища, аналіз навколишнього оточення в автоматизованих системах керування транспортними засобами, оцінка правильності руху в медицині й спорті тощо.

Для виявлення рухомих об'єктів можна використовувати метод вирахування фону, який обчислює абсолютну різницю між поточним кадром та попередньо обчисленим фоновим зображенням. Ефективність виявлення об'єктів багато в чому залежить від способи обчислення фонового зображення, але навіть при використанні примітивних методів на отриманому різницевої зображенні будуть цілком виділені рухомі об'єкти. Існує значна кількість алгоритмів обчислення фону [3], що відрізняються часом і якістю роботи.

Останнім часом для виділення об'єктів стали застосовувати методи машинного навчання [4]. Для цього необхідно зібрати навчальну вибірку і налаштувати класифікатор. Для виявлення об'єктів кадр відео зображення розбивається на множину зображень меншого розміру, після чого кожне з них подається на вхід класифікатором, який на основі обчислених ознак визначить, містить зображення об'єкт чи ні.

За описаним методом побудовано ряд систем [5,6], які показують високу ефективність роботи. Але процес навчання і налаштування цих систем досить трудомісткий і вимагає добре організованої навчальної вибірки. Для кожного типу об'єкта (наприклад, людина або автомобіль) й кута огляду камери необхідно зібрати індивідуальну навчальну вибірку і налаштувати алгоритм. Тільки за цих умов системи демонструють високу якість виявлення об'єктів.

Розрізняють завдання супроводу одного заданого об'єкта і множини об'єктів в відео потоці. Другий напрямок відрізняється високою складністю і вимагає точної локалізації об'єктів в кадрі, правильної ідентифікації на наступному кадрі і при цьому високої швидкості обробки.

Супровід множини людей (об'єктів) є складним завданням через — неоднорідного заднього фону, фрагменти якого можуть бути схожі за формою, текстурі і кольором з об'єктами інтересу, низького рівня освітленості; наявності тіней і, відповідно, динамічного зміни заднього фону, множинних перекриттів об'єктів, високою схожістю супроводжуваних об'єктів, досить швидкого їх руху і в ряді випадків змінюється прискорення і різкою нелінійною трансформації траєкторії руху.

Для виявлення людей можуть бути використані різні класифікатори — каскади Хаара, на основі методу опорних векторів, згорткових нейронних мереж (ЗНМ) тощо. В даний час широкий розвиток і застосування для виявлення об'єктів отримали алгоритми класифікації із застосуванням ЗНМ, які стійкі до змін освітленості, динамічному задньому фону і дозволяють здійснювати детектування навіть в разі часткових перекриттів, але вимагають високих обчислювальних витрат.

Для вирішення проблеми об'єднання об'єктів при супроводі можуть бути використані слабкі й сильні ознаки зображень. Як слабкі ознаки застосовуються зрушення у часі, колірні характеристики, форма тощо. До сильних ознак можна віднести гістограми орієнтованих градієнтів (HOG), SIFT- і SURF-дескриптори та ознаки, виділені за допомогою ЗНМ.

Таким чином, супровід через виявлення характеризується великим кількістю алгоритмічних рішень як для виявлення об'єктів в кадрі, так і при подальшому пошуку ідентичних об'єктів на різних кадрах. Зважаючи на високу складності дана задача не вирішена повною мірою навіть для деяких обмежених практичних додатків, в тому числі і для супроводу людей на території та в приміщеннях.

Отже, виходячи із розглянутого, завдання подальшого вдосконалення методів та підходів до пошуку та відстеження пересування людини у виділеній сцені відео спостереження, що є кращими за критеріями швидкість та достовірність, є **актуальною задачею**.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Магістерська робота виконана по кафедральній науково-дослідній тематиці студентського наукового гуртка кафедри ОТ «Розробка комп'ютерної системи пошуку та розпізнавання обличчя людини», керівник старший викладач Очкуров М. А.

Метою дослідження роботи є вдосконалення методів пошуку та відстеження пересування людини із використанням характерного контуру силуету людини.

Задачі дослідження роботи:

- здійснити аналіз способів побудови систем виділення особи у відео потоці та відстеження пересування людини;
- запропонувати кращий підхід для пошуку та відстеження пересування людини;
- розробити послідовність та програму обробки зображення для пошуку та відстеження пересування людини;
- здійснити обґрунтування доцільності реалізації нового наукового рішення, розрахувати економічні витрати для створення програмного засобу відстеження пересування людини та визначити переваги від його впровадження.

Об'єкт дослідження роботи — процес отримання даних про людину та її пересування шляхом знаходження у виділеній сцені її зображення.

Предмет дослідження роботи — методи оброблення відео зображення для пошуку та відстеження пересування людини.

Методи дослідження: у магістерській роботі використовувались методи диференційного числення для виділення контуру силуету людини, методи теорії множин для формування набору ознак для виявлення та відстеження пересування людини, методи математичної статистики для виконання аналізу отриманих результатів виділення силуету людини. У роботі використано принципи об'єктно-орієнтованого програмування для реалізації запропонованого підходу.

Наукова новизна отриманих результатів роботи полягає у тому, що удосконалено метод оброблення зображення для пошуку та відстеження пересування людини, який відрізняється від відомих підходів виконанням пошуку контуру характерного силуету людини, що дозволяє більш ефективно виділяти та відстежувати пересування людини у отриманому відео потоці.

Практичне значення одержаних результатів роботи:

- створено послідовність оброблення відео зображення для пошуку та відстеження пересування людини;
- розроблено програму оброблення зображення для пошуку та відстеження пересування людини.

Апробація результатів магістерської роботи: зроблено доповідь на 49-й регіональній науково-технічній конференції професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету з участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області.

Результати роботи **опубліковані** у матеріалах XLIX регіональної науково-технічної конференції ВНТУ [7].

1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИДІЛЕННЯ ЛЮДИНИ ТА ВІДСТЕЖЕННЯ ЇЇ ПЕРЕСУВАННЯ

На теперішній час існує досить значна кількість методів виділення особи та відстеження пересування людини у виділеній сцені спостереження. Даний розділ роботи присвячений розгляду та аналізу побудови систем біометричного спостереження та відстеження пересування людини.

1.1 Відеоаналітика та системи біометричного спостереження

Відеоаналітика — комп'ютеризована обробка і автоматичний аналіз відео-контенту, який надходить на відео сервер від відеокамер, переносних пристроїв і пристроїв Інтернету речей ІТ, оснащених веб-камерами. Відеоаналітика — це технологія, яка використовує методи комп'ютерного зору для автоматизованого отримання різних даних на підставі аналізу послідовності зображень, що надходять з відеокамер в режимі реального часу або з архівних записів. Відео аналітика представляє собою програмне забезпечення (ПЗ) для роботи з відеоконтентом. В основі програмного забезпечення лежить комплекс алгоритмів машинного зору, що дозволяють вести відеомоніторинг і проводити аналіз даних без прямої участі людини. Відеоаналітика — це програмний алгоритм, який дозволяє швидко і якісно обробляти відеодані і звільнити оператора від рутинної роботи стеження за безліччю камер по виявленню порушень.

Традиційне рішення, що включає в себе функції будь-якої відеоаналітики будується по схемою — камера + back-end аналітика. Тобто камера просто передає потік відео на сервер, а спеціальне програмне забезпечення на сервері вже робить весь відеоаналіз.

Під час відеоспостереження в промисловості, міському і житловому господарстві, а також у різних соціальних медіа, генерується величезна кількість відеоданих, для яких потрібно системи зберігання даних з високою

місткістю. Роздільна здатність відеозображень весь час зростає, і кількість зберігається контенту росте експоненціально.

Відеоаналітика в останні роки набирає все більшої популярності з багатьох причин. Вона дозволяє гнучко управляти відеопотоками при аналізі їх контенту «на льоту», при автоматизації аналітичних функцій. Це дозволяє персоналу концентруватися на певних інцидентах на відеозаписі, а не витратити час на перегляд довгих одноманітних відеопотоків, що дозволяє скоротити витрати і чисельність персоналу. Інтелектуальні системи безпеки з відеоаналітикою можуть починати запис, наприклад, тільки при початку якогось руху в зоні огляду камери. При цьому знижується навантаження на мережу і економиться простір в системі зберігання.

За допомогою систем відеоаналітики, можна отримати цінну інформацію про якість роботи персоналу підприємства (наприклад, продавців-консультантів в торговому залі), таким чином, можна зробити більш адекватні оцінки їх роботи. Системи не вимагають надмірно громіздкої інфраструктури і навіть невеликі підприємства, магазини та ін. цілком можуть собі дозволити її використання. Інтенсивність використання функцій відеоаналітики можна гнучко регулювати по мірі потреб бізнесу, вибираючи саме ті функції, які потрібні в конкретному випадку. Це дозволяє створювати кастомізовані рішення.

Відеоаналітика розвивається за двома основними технологіями — це трекінг та ідентифікація. На базі правил, закладених в алгоритм відеоаналізу, будується весь функціонал системи, який вкрай необхідний для побудови сучасних систем відеоспостереження.

Трекінг — це коли алгоритм обробки шукає в кадрі рух, визначає і класифікує рухомий об'єкт, описує його характеристики (розмір, колір, швидкість). Варіацій трекінгу (відеодетектора) може бути досить багато.

Ситуаційні детектори — це перетин спостережуваним об'єктом уявної лінії в кадрі, після чого система видає сигнал тривоги:

— перетин об'єктом прямої лінії в заданому напрямку;

- рух в зоні;
- вихід об'єкта з зони;
- зупинка об'єкти в зоні;
- залишений у зоні предмет.

Сервісні детектори — це функціонал, який виробники вже вбудовують в свої камери, програмне забезпечення та має детектори закриття об'єктива, засвічення, зсуву камери, зміни фону та детектор розфокусування. Також до трекінгу відносять інтелектуальний пошук в архівах. Це пошук, який допомагає оператору швидко знаходити потрібний матеріал за фактом спрацювання детектора, коли точний час події не відомо.

Відеодетектори не замінюють операторів, а допомагають йому залученням уваги тривогою до можливого порушення. Задавши певні характеристики камерам, оператор буде отримувати факти того, що відбувається. Але потрібно розуміти, що повністю автоматизувати процес ідентифікації порушення неможливо. Завжди присутній імовірнісний фактор, коли система не розпізнає проблему. Це необхідно враховувати при проектуванні систем відеоспостереження з алгоритмами відеоаналізу. Для цього необхідно правильно підібрати камери, визначити місце їх розміщення і побудувати систему відеоспостереження з максимальним функціоналом відеоаналітики.

Ідентифікація — це розпізнавання образу (що перед нами, в якому вигляді) по відеозображенню, поділ за класами або конкретним шаблонами і порівняння з заздалегідь підготовленої базою еталонних зображень. Найпопулярнішими з них є — розпізнавання осіб і розпізнавання автомобільних номерів.

Розпізнавання облич — це більше складна задача, так як тут немає стандартів, як в розпізнаванні автомобільних номерних знаків, до яких можна «прив'язати» систему. Варіативність осіб людей величезна, тому і система має не високу ймовірність в розпізнаванні. Вимоги до проектування та побудови таких систем неймовірно високі. Найпоширеніша помилка, наприклад, при

побудові контролю доступу, що камеру можна поставити, де-небудь на вході, і вона буде визначати серед входять людей своїх і сторонніх. Але навіть при цих складнощі, побудова систем відеоспостереження з розпізнаванням обличчя може мати свої рішення.

Можливості та розширення місць застосування систем відеоспостереження з функціоналом відеоаналітики і відеоаналізу постійно зростає і розвивається. Крім систем безпеки, відеоаналіз швидко набирає популярності і в інших напрямках:

- детектор підрахунку об'єктів спостереження;
- детектор розподілу людей з побудови теплових зон;
- детектор визначення скупчення людей.

Системи відеоспостереження є важливою складовою частиною побудови загальної системи безпеки на рівні підприємства. Її основне призначення — це візуальне спостереження, запис (відеореєстрація) подій на виділеному для стеження ділянці технологічної зони. Установка відеоспостереження дозволяє здійснювати безперервний контроль і фіксування обстановки в зоні спостереження, при необхідності переглянути записані зображення.

Побудова сучасних охоронних систем засноване на широкому використанні цифрових (інформаційних) технологій, в тому числі з використанням мережі Інтернет. На таких же принципах будується конфігурація і системи відеоспостереження. До її складу входять камери відеоспостереження, реєстратори, сервери. Візуальне спостереження і реєстрація можуть застосовуватися в локальних системах контролю і доступу типу відеодомофонів. Такі комплекси можуть включати викличні панелі, електромагнітні замки, датчики контролю.

Найбільш поширена конфігурація системи відеоспостереження підприємства (офісу) має таку структуру:

- відеокамери (аналогові, цифрові, в тому числі IP камери, кольорові, чорно-білі);
- відеореєстратори (сервери);

- пульт телевізійного відеоспостереження з моніторами (LCD, CRT);
- допоміжне обладнання (джерела безперебійного живлення, роутери, кабелі, кронштейни, кожухи).

Відеокамери можуть розташовуватися зовні приміщення і всередині нього. Вони можуть бути поворотними і з фіксованим кріпленням. Установка відеоспостереження може бути організована відкритим або потайним способом. Зовнішні камери відеоспостереження, як правило, поміщаються у захисні кожухи.

Цифрові системи відеоспостереження працюють з відеосигналами в дискретній (цифровій) формі. Така технологія передбачає перетворення за допомогою відеопроекторів аналогових відеосигналів в цифрові. Це необхідно для подальшої комп'ютерної його обробки і зберігання.

IP камера відеоспостереження має в своїй конструкції вбудований відеопроектор. Сигнал, який формує IP камера, безпосередньо передається для обробки на сервер. Тут відеосигнал стискається (усувається надмірність) і записується для зберігання (архівується). Глибина архівування може становити від декількох днів до декількох місяців, в залежності від кількості камер відеоспостереження і якості зображення (ступеня стиснення інформації).

Структура конкретних систем спостереження залежить від цілей, які перед нею поставлені. Відповідно, підбирають під ці цілі необхідне обладнання (бездротова або гібридна передача даних). Від цього у значній мірі може варіюватися загальна ціна установки спостереження в офісі або на підприємстві (від однієї до декількох тисяч доларів). Серед популярних брендів обладнання для організації візуального телевізійного спостереження можна відзначити відеокамери і цифрові відеореєстратори (DVR) фірми J2000, Sunkwang, монітори LCD виробників JVC та ін.

Вибираючи систему відеоспостереження, потрібно розуміти з яких компонентів вона складається. На даний момент на ринку представлено обладнання на три типи систем, таких як АHD/HD-TVI системи, аналогові системи та IP цифрові системи. Розглянемо особливості їх комплектації.

АHD/HD-TVI система включає в себе: реєстратор (може бути від 4 до 32 каналів), АHD/TVI камера (може бути від 1 до 5 мегапікселів (Мп)), блок живлення для відеокамер (одна відеокамера може споживати у середньому струм до 1А), жорсткий диск (для запису даних до архіву обсягом від 320Гб до 10Тб). До складу такої системи входить монітор або телевізор для перегляду даних локально. Як правило, на реєстраторах використовується роз'єми типу VGA і HDMI для підключення. Для віддаленого перегляду може використовуватись Інтернет. Більшість реєстраторів у широкому використанні має вбудований, як правило безкоштовний хмарний сервіс для віддаленого перегляду. Для підключення камери до реєстратора необхідний коаксіальний кабель або кабель «вита пара», який може бути із додатковими жилами для живлення.

Переваги системи АHD/HD-TVI перед IP-системою — ціна, майже 100% сумісність компонентів, простота монтажу, нульова затримка відео по часі при моніторингу об'єктів.

Аналогова система включає в себе ті ж самі складові, що і системи АHD/HD-TVI типу, але відрізняється гіршою якістю зображення. Роздільна здатність замість мегапікселів вимірюється в ТВЛ (телевізійних вертикальних лініях). Даний тип систем морально вже застарів, але до теперішнього часу її комплектуючі ще продаються.

Цифрові IP-системи бувають двох типів — без використання реєстратора та із використанням реєстратора. Система без використання реєстратора складається із відеокамер та хмарного сервісу. До такої системи входять IP камери (можуть бути від 1 до 12 і більше мегапікселів), мережевий комутатор (може мати від 2 до 48 портів передачі даних). Комп'ютер використовується для перегляду локально даних, де за допомогою браузера або ж за допомогою програми можна виконувати перегляд відеоданих. Також можна налаштувати архів для запису даних на комп'ютер. Для віддаленого перегляду використовується Інтернет. У системі є камери із вбудованим хмарним сервісом, який надає безкоштовний перегляд даних (запис на хмарний сервіс як

правило є платною послугою). До складу системи входять блок живлення для камер та кабелі «вита пара» (що використовується для підключення камери до мережі Інтернету або ж до локальної мережі, також може бути із додатковими жилами для живлення).

Класична схема складається із реєстратора та відеокамер. Реєстратор може бути багатоканальним від 4 та більше каналів до 32, 64 і до 192 каналів. Використовують NVR відеореєстратори для IP систем відеоспостереження. Для запису даних до архіву використовують жорсткий диск, що може мати обсяг пам'яті від 320Гб до 10Тб. Монітор або телевізор використовується для перегляду локально, Інтернет використовується для віддаленого перегляду, IP камери мережевий комутатор, блок живлення для камер та кабель «вита пара» аналогічно до використання попередньої схеми підключення.

Як варіант IP-системи можуть включати до свого складу POE-комутатор як джерело живлення для всіх IP-пристроїв. У такому випадку відпадає необхідність у блоці живлення для відеокамер. Крім того, POE-комутатор бере на себе роль простого світчу. Але при цьому відеокамери повинні мати підтримку від POE.

Переваги IP-систем перед АHD/HD-TVI системами — чудова якість відео, гнучкість, легша масштабованість, можливість прокладки траси передачі даних поруч із силовими кабелями без остраху отримати наведення завад, ширші можливості для проведення відеоаналізу, можливість дистанційного конфігурування IP-камер, можливість виконання інтегрування в існуючу мережу, перспективність та інше.

При створенні структури системи розпізнавання та визначенню складу її апаратури особливу увагу необхідно приділяти вибору основних характеристик системи. До таких характеристик системи відносяться швидкодія по виділенню та розпізнаванню особи, надійність функціонування системи, вартість, стійкість до зловмисних дій, час для реєстрації користувача, ймовірність помилкового заборона доступу користувачеві на законних підставах (помилки 1-го роду) та

помилки у наданні доступу користувачеві на незаконних підставах (помилки 2-го роду), ємність пам'яті системи.

Центральними показниками роботи всіх алгоритмів біометричного розпізнавання особи за отриманим зображенням є два — ймовірність помилкового не розпізнавання особи (False RejectionRate FRR), при якому система не розпізнає відомої їй особи (не пропускає достовірно зареєстрованого «свого» суб'єкта) та ймовірність помилкового розпізнавання особи (False AcceptanceRate FAR), при якому система розпізнавання переплутає двох індивідуумів, признавши «чужого» суб'єкта як «свого». При побудові систем розпізнавання зменшення значення показника FAR на практиці завжди призводить до зменшення дієвості роботи вибраного методу, що призводить до збільшення показника FRR [18]. Задане значення показника помилки розпізнавання системи визначається сукупністю таких факторів, як вибраний підхід до роботи, налаштуванням використаних алгоритмів ідентифікації та якістю реалізації їх на практиці.

При досить значному різноманітті можливих біометричних методів розпізнавання (за формою обличчя, геометрією кисті руки, сітківкою ока людини або ж відбитком пальця чи райдужною оболонкою ока людини) на практиці фактично застосовується небагато методів. На теперішній час у біометричних системах використовуються три таких методи розпізнавання особи, як по відбитку пальця, по зображенню обличчя особи та за райдужною оболонкою ока людини, що мають найбільшу точність серед усіх відомих біометричних методів розпізнавання особи [16]. При цьому метод виділення та ідентифікації особи за отриманим цифровим двовимірним зображенням обличчя людини поступається по точності іншим перерахованим біометричним методам розпізнавання особи.

1.2 Аналіз методів виділення рухомих об'єктів

Завдання автоматичного виявлення рухомих об'єктів є важливою при розробці відеокодеків, систем відеоспостереження, оптичних навігаційних

систем тощо. Залежно від області застосування, цільової операцією може бути виділення власне рухається об'єкти, або ж виділення області руху [5, 7]. Рухомий об'єкт — це фізичний об'єкт, що знаходиться в полі зору камери, що зробив за час між двома послідовними кадрами переміщення в просторі. Область руху — ділянку кадру, зображення якого відрізняється від зображення на одному або кількох попередніх кадрах. Для більшості практичних завдань проблема виділення рухомих об'єктів може бути зведена до задачі виділення їх обмежуючих прямокутників із безпосереднім використанням результатів даної процедури або з подальшою сегментацією внутрішніх областей. В роботі розглядаються відомі підходи до виділення рухомих об'єктів на відео зображенні та проводиться аналіз міжкадрових відмінностей для рухомих об'єктів.

До виділення рухомих об'єктів у кадрі розрізняють чотири основних підходи, такі як визначення зміщення областей пікселів між кадрами, попиксельне визначення зміни кадрів, визначення оптичного потоку та визначення зміщення прямокутних блоків.

Визначення зміщення областей пікселів між кадрами [8, 9]. Виділення рухомих об'єктів засноване на сегментації поточного й попереднього кадру, пошуку відповідних областей і оцінці зміни їх розташування і/або форми. Даний підхід використовується для завдання супроводу рухомих об'єктів і заснований на апіорному припущенні, що об'єкт, який рухається, є гомогенним за кольором або текстурі та є досить контрастним по відношенню до фону. Недоліками даного підходи є низька стійкість в умовах низької контрастності рухомих об'єктів щодо нерухомого фону (наприклад, при використанні засобів маскування, що спотворюють та дроблять камуфляж) і високі обчислювальні витрати на сегментацію зображень.

Попиксельне визначення зміни кадрів. Виділення рухомих об'єктів в кадрі засноване на попиксельному порівнянні поточного кадру із попередніми. Пікселі, колір або яскравість яких різняться більше, ніж на деяку задану порогову величину, вважаються належними до області руху. Даний підхід

використовується для визначення факти руху об'єктів в кадрі і знаходження їх координат. Недоліком даного підходу є складність безпосереднього визначення форми рухомого об'єкту, тобто потрібно подальший аналіз областей руху.

Визначення оптичного потоку [10]. Виділення рухомих об'єктів в кадрі засноване на знаходженні векторів зсуву кожного пікселя для пари кадрів. Кожному пікселю одного зображення відшукується відповідний йому піксель другого зображення, формується поле векторів зсуву та сегментується за критерієм напрямку й довжини вектора. Области з ненульовий довжиною векторів зсуву вважаються проекціями рухомих об'єктів. Даний підхід дозволяє одночасно виділяти форму об'єктів і оцінювати параметри їх руху. Недоліками даного методу є висока обчислювальна складність і відносна нестабільність результату роботи для однотонних об'єктів та при наявності перешкод.

Визначення зміщення прямокутних блоків [11, 12]. Виділення рухомих об'єктів в кадрі засноване на знаходженні векторів зсуву прямокутних блоків для пари кадрів. Блоки із ненульовою довжиною векторів зсуву вважаються таким, що містять рухомі об'єкти. Недоліком даного методу є нестабільність результату роботи для об'єктів із малим відношенням площа/периметр та для однотонних об'єктів і при наявності перешкод.

Для завдання контролю території з низькою інтенсивністю руху і відносно стабільними умовами відеозйомки ефективно застосування попиксельного визначення зміни кадрів, оскільки цей підхід вимагає малих обчислювальних витрат, не має обмеження на число одночасно контрольованих об'єктів та має відносно малу чутливістю до використання засобів маскування рухомих об'єктів.

Результатом аналізу напівтонового зображення є матриця бінарних значень виділених відмінностей. Пікселі з координатами вважаються належними областям руху, інші — належать до нерухомих об'єктів або фону.

Розрізняють два основних методи попиксельного визначення зміни кадру — визначення безпосередньої зміни яскравості пікселів поточного та

попереднього кадрів та визначення зміни яскравості поточного кадру й сформованого фону.

Визначення безпосередньої зміни яскравості пікселів поточного та попереднього кадрів — MT — порогова величина, яка визначає чутливість методу до міжкадрових відмінностей. Недоліком даного способу є неможливість виявлення об'єктів, що повільно рухаються, швидкість яких в проекції нижче, ніж один піксель за час міжкадрового інтервалу. Дана проблема вирішується за рахунок використання для аналізу декількох попередніх кадрів. Це тягне за собою витрати пам'яті на зберігання і процесорного часу на аналіз додаткових кадрів, а також появу в матриці прапорів відмінностей виділеного «сліду» руху об'єкта.

Інший підхід, це визначення зміни яскравості поточного кадру і сформованого фону. Після формування матриці прапорів відмінностей на кожному кроці проводиться переформування фону по одному із певних правил. При $DF = 255$ або $AF = 1$ метод зводиться до визначення безпосереднього зміни яскравості пікселів поточного і попереднього кадрів.

Недоліком даного способу є значний час відновлення коректного фону після випадкового перекриття поля зору камери стороннім предметом, котрий обіймав значну поверхню кадру (наприклад, птах, що летить поруч, або сусідній рухливий конструкційний елемент), або умов освітленості (наприклад, включення світла у приміщенні). Дана проблема вирішується за допомогою примусового переформування фону, якщо кількість знайдених відмінностей M перевищує деяку порогову величину MDF .

Важливо відзначити, що замість значення яскравості пікселя може використовуватися також будь-яка норма колірному простору [9], або проводиться оцінка руху по кожній колірній координаті RGB з логічним підсумовуванням результату.

Здійснення аналізу міжкадрових відмінностей для об'єктів руху. Аналіз роботи процедур визначення рухомих об'єктів на зображенні дозволяє виділити такі особливості.

При появі об'єкти в полі зору камери вся проекція об'єкта ідентифікується як область руху. При русі об'єкта вздовж оптичної осі камери область руху ідентифікується на всіх кордонах об'єкту. При русі об'єкта в полі зору камери область руху ідентифікується тільки на кордонах об'єкта, перпендикулярних напрямку його руху. При цьому одна область руху відповідає ділянці фону, який виходить із затінення об'єкта, а інша є частиною об'єкта, який затінює чергову ділянку фону. Рух ідентифікується на кордонах об'єктів, при цьому внутрішній простір об'єкта (за умови його гомогенного забарвлення) визначається як нерухома область. При швидкому русі об'єкта області руху мають значний лінійний розмір уздовж напрямку його руху в кадрі, при повільному — області руху мають малу ширину або вироджуються в деяку кількість незв'язаних пікселів.

З вищевказаних особливостей можна зробити висновок, що безпосереднє виділення контуру об'єкта, що рухається, з використанням тільки інформації про області руху в загальному випадку неможливо. Для вирішення даного завдання використовується також метод сегментації на прямокутники. Він заснований на припущенні, що довколишні області руху вважаються такими, що відносяться до одному об'єкту.

Метод складається з наступних кроків:

- прилеглі області руху об'єднуються в групи;
- для кожної групи областей руху визначається обмежуючий прямокутник (зона інтересу);
- проводиться сегментація зображення всередині кожного обмежуючого прямокутника [5, 8];
- сегмент з найбільшою площею всередині обмежуючого прямокутника вважається проекцією об'єкта, що рухається, тобто шуканим результатом.

Зауважимо, що для ряду практичних застосувань, які не потребують виділення об'єктів, можна обмежитися тільки формуванням обмежуючих прямокутників.

Для виділення обмежуючих прямокутників можна застосувати такі підходи. Угруповання елементів МБФР по осередках регулярної структури. Осередок, що містить кількість елементів більше порогового значення, вважається таким, що містить область руху. Передбачається, що розмір об'єкта, що рухається, не перевищує розміру осередку. Тому всі відповідні йому області руху відносяться до одного або декількох сусідніх осередків. Перевагами даного підходу є висока швидкодія, нечутливість до розривів в області руху, недоліками — необхідність параметризації методу (завдання розміру осередків), можливий пропуск областей руху на межі комірок, низька точність позиціонування обмежуючого прямокутника (збігається із розташуванням осередки).

Сегментація МБФР з формуванням обмежуючих прямокутників для сегментів. Пересічні обмежуючі прямокутники областей руху об'єднуються для формування прямокутника рухомого об'єкту. Перевагою даного підходу є безпосереднє отримання всієї інформації про область руху, недоліками — порівняно низька швидкодія, висока чутливість до розривів в областях руху.

Віконний метод виділення обмежують прямокутників для рухомих об'єктів. Існує також віконний метод виділення обмежуючих прямокутників для рухомих об'єктів, заснований на інтегральній матриці [8, 12] бінарних прапорів відмінностей (ІМБФР). Метод може застосовуватися як для пари послідовних кадрів, так і для поточного кадри і сформованого фону.

Метод складається з наступних кроків. Проводиться побудова ІМБФР, для двох послідовних кадрів. У безперервній основі вікна на ІМБФР виділяється множина обмежуючих прямокутників для областей руху. Вікно, яке містить кількість елементів більше порогового значення, вважається таким, що містить область руху. Зважаючи на специфіку розташування областей руху переважно по кордонів об'єкта, кращі результати досягаються при одночасному використанні двох вікон з різним співвідношенням сторін (вертикальної і горизонтальної орієнтацією).

Пересічні обмежуючі прямокутники об'єднуються, обмежуючі прямокутники для перетинів формують результат роботи методу — обмежують прямокутники для рухомих об'єктів.

1.3 Послідовність розпізнавання особи у системах відео спостереження

Одним з практичних застосувань теорії розпізнавання образів є розпізнавання осіб, завдання якого входить автоматична локалізація особи на зображенні і, при необхідності, ідентифікація людини по особі. Інтерес до процедур, що лежать в основі процесу локалізації і розпізнавання осіб, досить значний у зв'язку з різноманітністю їх практичного застосування в таких областях, як охоронні системи, верифікація, криміналістична експертиза, телеконференції, комп'ютерні ігри тощо.

Для ідентифікації людини у складі систем контролю застосовуються атрибутивні та біометричні ідентифікатори. Як атрибутивних ідентифікаторів використовують автономні носії ознак допуску — магнітні картки, безконтактні проксіміті карти, брелоки Touch Memory, різні радіобрелоки. Біометричні — зображення райдужної оболонки ока, відбиток пальця, відбиток долоні, риси фізичні ознаки. Кожен ідентифікатор характеризується певним унікальним двійковим кодом. У СКУД кожному коду ставиться у відповідність інформація про права та привілеї власника ідентифікатора.

Ідентифікація людини формою особи або ж за характеристиками (геометрії) особи — один з динамічно розвиваючих напрямів у біометричній промисловості. Розпізнавання по геометрії обличчя зараховують до «трьох великих біометриків» разом із розпізнаванням за відбитками пальців і райдужної оболонки. У цьому методі ідентифікації будується тривимірний образ особи. На обличчі виділяються контури брів, очей, носа, губ тощо, обчислюється відстань між ними і будується не просто образ, а ще безліч його варіантів на випадки повороту особи, нахилу, зміни вирази. Кількість образів варіюється в залежності від цілей використання даного способу (для аутентифікації, верифікації, віддаленого пошуку на великих територіях).

Привабливість даного методу заснована на тому, що він найбільш близький до того, як люди зазвичай ідентифікують один друга. Зростання мультимедійних технологій, завдяки яким можна побачити все більше відеокамер, встановлених на міських вулицях та площах, аеропортах, вокзалах та інших місцях скупчення людей, визначили розвиток цього напрямку.

Технічна реалізація методу більш складна (з математичної точки зору) завдання, ніж розпізнавання відбитків пальців, і, крім того, вимагає більш дорогої апаратури (потрібна цифрова відео- або фотокамера і плата захоплення відеозображення). У цього методу є один істотний плюс — для зберігання даних про один зразок ідентифікаційного шаблону потрібно зовсім небагато пам'яті, тому що людське обличчя можна «розібрати» на відносно невелику кількість ділянок, незмінних у всіх людей. Наприклад, для обчислення унікального шаблону, що відповідає конкретному людині, потрібно всього від 12 до 40 характерних ділянок.

Розпізнавання людини зображення обличчя виділяється серед біометричних систем тим, що, по-перше, не вимагає спеціального дорогого обладнання. Для більшості додатків достатньо лише персонального комп'ютера та звичайної відеокамери. По-друге, немає фізичний контакт людини з пристроями. Не треба ні до чого торкатися або спеціально зупинятися і чекати на спрацьовування системи. У більшості випадків досить просто пройти повз або затриматися перед камерою на кілька секунд.

Розпізнавання зображень аналогічно розпізнаванню образів і передбачає виконання будь-якої з наступних функцій:

- автентифікація — встановлення справжності «один в один»;
- ідентифікація — пошук відповідності «один з багатьох».

Ця область ділиться на два напрямки — 2D-розпізнавання і 3D-розпізнавання. У кожного є переваги і недоліки, проте багато залежить ще й від області застосування і вимог, пред'явлених до конкретного алгоритму.

2D-розпізнавання особи — один із найбільш статистично неефективних методів біометрії, застосовувався, в основному, у криміналістиці, що й сприяло

його розвитку. Згодом з'явилися комп'ютерні інтерпретації методу, в результаті чого він став більш ніж надійним. В даний час він застосовується, в основному, в мультимодальній — перехресній біометрії. Статистичні показники методу досить скромні, але дозволяє проводити приховану зйомку осіб у людних місцях.

3D-розпізнавання особи зараз є більш привабливою областю для розробників. Метод проектування шаблону полягає в тому, що об'єкт (обличчя) проектується сітка. Далі камера робить знімки зі швидкістю десятки кадрів в секунду, отримані зображення обробляються спеціальною програмою. Промінь, що падає на викривлену поверхню, згинається — чим більше кривизна поверхні, тим сильніше вигин проміння. Спочатку при цьому застосовувалося джерело видимого світла, що подається через жалюзі. Потім видимий світло був замінений інфрачервоним, який має ряд переваг. Зазвичай на першому етапі обробки відкидаються зображення, на яких особи не видно взагалі або присутні сторонні предмети, що заважають ідентифікації. За отриманими знімками відновлюється 3D-модель особи, на якій виділяються і видаляються непотрібні перешкоди (зачіска, борода, вуса та окуляри). Потім проводиться аналіз моделі — виділяються антропометричні особливості 5, які в результаті і записуються в унікальний код, що заноситься в базу даних. Час захоплення обробки зображення становить 1-2 с для кращих моделей. Вважається, що статистична надійність методу можна порівняти з надійністю методу ідентифікації за відбитками пальців.

Технологія ідентифікації особи на основі зображення обличчя, на відміну від використання інших біометричних показників, не вимагає фізичного контакту з пристроєм і з урахуванням стрімкого розвитку цифрової техніки є найбільш прийнятною для масового застосування. Основною складністю даної технології є залежність якості результату розпізнавання людини за зображенням особи від ракурсу, положення, умов освітленості. Вибір категорії і методу для розпізнавання залежить від обмежень і умов завдання розпізнавання

осіб. Як обмежень, що впливають на вибір методу розв'язання задачі, слід виділити:

- наявність або відсутність обмежень на можливі штучні перешкоди на виявлення осіб;
- просторові показники становища особи;
- кольоровість зображення;
- масштаб обличчя людини та роздільна здатність зображення;
- кількість осіб у зображенні;
- умови освітленості об'єктів;
- пріоритет у мінімізації помилкових розпізнавань чи кількості розпізнаних осіб.

Розпізнавання особи на підставі наявних її біометричних даних — це засіб ідентифікації (автоматичного розпізнавання) особи на базі її унікальних персональних поведінкових або фізичних даних. Сам процес ідентифікації особи здійснюється шляхом порівняння отриманих певним визначеним способом біометричних даних про особу та набору шаблонів, що зберігаються у створеній базі даних [20].

Система розпізнавання особи за зображенням її обличчя є типовою системою розпізнавання образів, ключовим завданням якої є створення певного набору ознак у вигляді біометричного шаблону відповідно із вибраною для даної системи математичною моделлю. Пошук, виділення та формування ознак та подальше розпізнавання особи за її обличчям виконується за декілька етапів. Цей процес складається із етапів виявлення обличчя та оцінювання його якості, потім виконується побудова шаблону для розпізнавання, здійснюється його зіставлення із отриманим із бази зображенням та приймається заключне рішення про відповідність цих двох шаблонів [22].

На початковому етапі роботи система виділяє у отриманому потоці відеокадрів або ж на фотографії обличчя людини, для якого діапазон масштабів й ракурсів може змінюватися у значних межах, що є дуже важливим фактором при побудові систем розпізнавання. Цей етап виявлення та виділення обличчя

людини являється одним із значних кроків всього процесу розпізнавання, так як можливість пропуску зображення людини означає відсутність етапу її подальшої ідентифікації. Імовірність виявлення бажаної особи визначає якість роботи детектора по пошуку обличчя людини. У сучасних біометричних системах розпізнавання значення цієї імовірності по виявленню особи у зображенню лежить у межах від 95% до 99% та залежить у першу чергу від умов роботи відео реєстратора (значення його роздільної здатності, освітленості місця спостереження тощо.).

На наступному етапі роботи системи розпізнавання виконується вибір із отриманого масиву знайдених обличч тільки таких зображень, що задовольняють установлені критерії якості роботи системи. У реальних умовах експлуатації системи можуть бути не дуже комфортні умови її роботи, де трапляються відхилення зображення обличчя людини від фронтального розміщення більш ніж на 20 градусів; можливе сильне засвічування або ж перекриття частини обличчя людини; трапляється малий розмір зображення або ж наявність тіней на обличчі й інші відхилення. Тому якість виявлення обличчя людини визначає стабільність й надійність роботи системи розпізнавання у різних умовах експлуатації. При цьому для роботи системи розпізнавання оцінюються такі її параметри, як розмір зображення обличчя для виконання операції по розпізнаванню, обов'язково враховується ракурс повороту обличчя людини, де допускається значення не більше від 20 до 30 градусів, а також можливе часткове закриття аналізованого обличчя людини, що не повинно перевищувати 25% від загальної площі аналізованого зображення обличчя людини.

Надалі система приступає до побудови шаблону по отриманому зображенню обличчя, який є найбільш складним й відповідальним етапом у процесі розпізнавання особи за зображенням її обличчя. Основним результатом етапу формування шаблону є перетворення отриманого зображення в деякий певний набір ознак, що являється біометричним шаблоном. Принципи створення таких шаблонів є різними, важливим є розмір такого шаблону. Чим

більшим є розмір такого утвореного шаблону, тим більшу кількість він має ознак, але ефективність та швидкість роботи системи при цьому значно падає.

Завершальним етапом роботи системи розпізнавання є прийняття відповідного рішення, у якому здійснюється процес порівняння побудованого біометричного шаблону виділеного обличчя людини із отриманого зображення із масивом наявних шаблонів у базі даних. Самим простим способом таке порівняння виконується простим перебором сформованого біометричного шаблону із отриманого зображення із усіма наявними у базі даних еталонними шаблонами й оцінювання їх міри подібності. На основі порівняння шаблону виділеного зображення людини із заданим порогом по виконанню розпізнавання системою приймається завершальне рішення про відповідність цього шаблону зображення шуканій особі у базі даних.

1.4 Аналіз методів виділення та розпізнавання особи

Процес розпізнавання особи за її біометричними даними складається із етапу виділення людини та наступного етапу розпізнавання особи. На теперішній період існує досить багато методів виділення людини та подальшого розпізнавання особи, які характеризуються певними своїми перевагами та недоліками. Здійснимо розгляд найбільш поширених із відомих методів виділення та розпізнавання особи.

Для виділення людини у отриманому зображенні найчастіше використовують метод проєкцій гістограм та метод Віюли-Джонса [18]. Метод Віюли-Джонса є високоефективним для пошуку об'єктів на зображеннях і послідовності відео в режимі реального часу [2-3]. Цей детектор має досить високу ймовірність вірного виявлення особи у отриманому зображенні в реальному масштабі часу роботи [18].

Віюла П. та Джонс М. адаптували відому ідею використання вейвлетів Хаара та розробили новий підхід, що із часом було названо як ознаки Хаара [6]. Ознаками Хаара виступають такі ознаки аналізованого цифрового зображення, які використовуються в процесі виконання операції розпізнавання образів.

Сама проста прямокутна ознака Хаара знаходиться як різниця сум аналізованих пікселей двох суміжних областей всередині виділеного прямокутника, який у виділеному фрагменті зображенні може приймати різні положення та мати різний масштаб. Такий вид ознак у зображенні отримав назву двох прямокутних ознак. Віола П. та Джонс М. також додатково виділили ще трьох та чотирьох прямокутні ознаки. Кожна із цих ознак може вказати, де знаходиться шукана границя між темним й світлим регіоном аналізованого фрагменту зображення. Для цих ознак ключовою особливістю є їх найбільша швидкість оброблення зображення в порівнянні із іншими типами ознак, що використовуються для аналізу зображення.

Метод добре працює і виявляє риси обличчя навіть при спостереженні об'єкта під невеликим кутом, приблизно до 30° . Точність розпізнавання з використанням даного методу може досягати значення понад 90%, що є дуже хорошим результатом. При куту нахилу більше 30° ймовірність виявлення обличчя різко падає. Ця зазначена особливість методу створює певні труднощі в стандартній реалізації виконувати операцію детектування обличчя людини, що повернене під довільним кутом, що деякою мірою ускладнює використання алгоритму в таких виробничих системах, де можливі нестандартні положення обличчя людини.

Більшість представлених алгоритмів розпізнавання особи мають загальну структуру процесу розпізнавання. Загальний процес обробки зображення при розпізнаванні складається із ряду етапів. На першому етапі виконується детектування і локалізація особи на зображенні. Етап розпізнавання супроводжується вирівнюванням зображення особи (геометричне та яскравість), також виконується обчислення ознак і безпосередньо розпізнавання — зіставлення обчислених ознак із закладеними в базу даних еталонами. Головною відмінністю всіх представлених алгоритмів буде обчислення ознак та порівняння їх сукупностей між собою [2].

Існує велика кількість методів та підходів, що використовуються в системах розпізнавання осіб [1]. Серед них можна виділити такі основні методи

розпізнавання особи, що відрізняються складністю реалізації та метою застосування:

- «eigenfaces» («власне особа», метод головних компонент);
- аналіз «відмінних характеристик»;
- аналіз на основі «нейронних мереж»;
- метод «автоматичної обробки зображення особи»;
- лінійний дискримінантний аналіз (ЛДА);
- приховані марківські моделі (ПММ);
- метод гнучкого порівняння на графах (вейвлети Габора).

При використанні прихованих Марківських моделей [2] для вирішення задачі розпізнавання осіб для кожного класу осіб обчислюється прихована марківська модель. Далі для невідомого образу запускаються всі наявні моделі, і серед них шукається та, яка видає найближчий результат.

Марківські моделі за своєю природою побудови дозволяють безпосередньо враховувати просторово-часові параметри аналізованих сигналів, й тому отримали широке застосування в засобах розпізнавання мови, а останнім часом ще й у розпізнаванні зображень, а особливо у розпізнаванні зображень особи. Складовими елементами Марківської моделі є множини прихованих та спостережуваних станів, початкова ймовірність станів та матриця перехідних імовірностей.

Кожному із цих складових відповідає своя певна Марківська модель. При виконанні операції розпізнавання конкретного об'єкта перевіряються згенеровані для наявної бази даних таких об'єктів Марківські моделі й шукається максимальна із спостережуваних об'єктів імовірність того, що послідовність спостережень для аналізованого об'єкту була сформована відповідною моделлю.

Основним недоліком такого підходу є те, що приховані марківські моделі не мають хорошої розрізняючої здатності, так як алгоритм при навчанні здійснює максимізацію відгуку на свої класи, але не виконує мінімізацію відгуку на інші класи, що аналізуються, та не виконує операцію по виділенню

ключових ознак, що відрізняють один вибраний клас від подібного іншого класу. Наприклад, для визначення того факту, чи міститься дане обличчя у навчальній вибірці, приміняється алгоритм по ранжируванню ймовірностей.

Методи розпізнавання, засновані на використанні вейвлетів Габора [3,4], показують високу ефективність. Фільтри Габора використовуються на стадії попередньої обробки для формування вектора Габор-особливостей зображення обличчя. Метод вейвлетів Габора стійкий до змін у освітленні, оскільки не використовує напряму значення відтінків сірого кожного пікселя, а витягує їх особливості.

Технологія «eigenfaces» використовує двовимірні зображення в градаціях сірого, які представляють відмітні характеристики зображення обличчя. Метод «eigenfaces» часто використовуються як основи для інших методів розпізнавання особи. Комбінуючи характеристики 100-120 «eigenface» можна відновити велику кількість осіб. У момент реєстрації, «eigenface» кожного конкретної людини представляється у вигляді ряду коефіцієнтів.

Для режиму встановлення справжності, в якому зображення використовується для перевірки ідентичності, «живий» шаблон порівнюється з вже зареєстрованим шаблоном, з метою визначення коефіцієнта відмінності. Ступінь відмінності між шаблонами визначає факт ідентифікації.

Відомий також метод головних (або основних) компонент (principal component analysis, PCA), що використовується для ущільнення набору отриманих даних про зображення людини без суттєвих втрат щодо їх інформативності [16]. Ідея методу полягає у поданні зображень осіб у вигляді набору (вектора) головних компонентів зображень, званих «власні особи» (Eigenfaces).

Вони, особи, мають корисну властивість — що зображення, відповідне кожному такому вектору, має лицеподібну форму. Обчислення основних компонентів зводиться до обчислення власних векторів та власних значень коварійної матриці, яка розраховується із зображення. Сума основних

компонентів, помножених на відповідні власні вектора, є реконструкцією зображення.

Для кожного зображення особи обчислюються його головні компоненти. Зазвичай береться від 5 до 200 основних компонентів. Процес розпізнавання полягає в порівнянні головних компонент невідомого зображення з компонентами всіх відомих зображень.

При цьому передбачається, що зображення осіб, які відповідають одній людині, згруповані кластери у власному просторі. З бази даних вибираються зображення-кандидати, серед яких мають найменшу відстань від вхідного (невідомого) зображення [1].

Метод головних компонент досить добре зарекомендував себе при використанні в різних практичних додатках. Але у тих деяких випадках, коли на аналізованому зображенні обличчя присутні досить суттєві зміни в рівні освітленості або ж у виразі обличчя людини, ефективність даного методу значно погіршується. Вся справа в тому, що метод PCA підбирає підпростір ознак із такою метою, щоб виконати максимальну апроксимацію та спростити вхідний набір даних для аналізу, а не виконувати між створеними класами осіб процес дискримінації.

Метод власних осіб вимагає для застосування ідеалізованих умов таких, як єдині параметри освітленості, нейтральне вираз особи, відсутність перешкод на кшталт окулярів і борід. При недотриманні цих умов основні компоненти не будуть відображати міжкласові варіації. Наприклад, при різних умовах освітленості метод власних осіб практично не застосовується, оскільки перші головні компоненти переважно відображають зміни освітлення, і порівняння видає зображення, що мають схожий рівень освітленості. При дотриманні ідеалізованих умов точність розпізнавання з використанням даного методу може досягати значення понад 90%, що є дуже хорошим результатом. Обчислення набору власних векторів відрізняється високою трудомісткістю. Один з способів — це згортка зображень по рядках і стовпцям-у такій формі зображення уявлення зображення має на порядок менший розмір, обчислення і

розпізнавання відбувається швидше, але відновити вихідне зображення вже неможливо.

Відомий також метод гнучкого порівняння на графах, у якому застосовуються для аналізу зображення фільтри Габора. Суть методу зводиться до еластичного зіставлення або ж порівняння графів, що описують зображення обличчя аналізованих осіб. Особи описуються у вигляді графів зі зваженими ребрами та вершинами. При виконанні етапу розпізнавання один з графів залишається незмінному стані, в той час як для іншого виконується деформація з метою найкращої підгонки до першого графу. У подібних системах для розпізнавання обличчя людини графи можуть являти собою як прямокутну розміщену гратчасту структуру, так і таку структуру, утворену на основі характерних (антропометричних) точок обличчя людини [3]. У вершинах аналізованого графу розраховуються значення ознак, що описують обличчя людини, найчастіше для цього використовують комплексні значення коефіцієнтів фільтрів Габора або упорядкованих їх наборів у вигляді вейвлет Габора, що обчислюються у деякій локальній області вершини цього графу шляхом обчислення згортки значень яскравості пікселів із заданими значеннями фільтру Габора. Ребра графу зважуються відстанями між визначеними суміжними його вершинами. Різниця (відстань, дискримінаційна характеристика) між двома аналізованими графами визначається при допомозі деякої вибраної цінової функції деформації, що враховує як наявну відмінність між значеннями ознак обличчя, обчислених у цих вершинах, так і ступінь виконання операції деформації ребер аналізованого графу [7].

Однак при застосуванні еластичного порівняння на графах із використанням фільтрів Габора виявляється висока обчислювальна складність такого підходу. Головними недоліками методу еластичного порівняння на графах є його висока обчислювальна складність при виконанні процедури розпізнавання, досить низький рівень технологічності при запам'ятовуванні нових еталонів для розпізнавання та лінійна залежність часу виконання роботи програми від розміру створеної бази даних осіб для розпізнавання. Із-за цих

перерахованих причин метод еластичного порівняння на графах знайшов досить обмежену область для свого використання.

Методика аналізу «відмінних характеристик» — найбільш широко використовувана технологія ідентифікації. Ця технологія подібна до методики «Eigenface», але більшою ступеня адаптована до зміни зовнішності або міміки людини (усміхнене або обличчя, що хмуриється). У технології «відмінних рис» використовуються десятки характерних рис різних областей особи, причому з урахуванням їх відносного місця розташування. Індивідуальна комбінація цих параметрів визначає особливості кожного конкретної особи. Так як цей аналіз розглядає локальні ділянки особи, допустимі відхилення можуть перебувати в межах до 25° у горизонтальній площині, і приблизно до 15° у вертикальній площині і вимагає достатньо потужної і дорогої апаратури, що відповідно скорочує ступінь поширення цього методу.

Метод «автоматичної обробки зображення обличчя» — найбільш проста технологія, що використовує відстані і відношення відстаней між точками особи, що легко визначаються, такими як очі, кінець носа, куточки рота. Хоча даний метод менш потужний як «Eigenface» чи нейронна мережа, але може бути досить ефективно використаний в умовах слабкої освітленості.

Порівняння шаблонів (Template Matching). Основа цього методу полягає у виділенні областей особи на зображенні, і наступному порівнянні цих областей для двох різних зображень. Кожна збігла область збільшує міру подібності зображень. Для порівняння областей використовуються найпростіші алгоритми на кшталт піксельного порівняння.

Недолік цього методу полягає в тому, що він вимагає багато ресурсів як для зберігання ділянок, так і для їх порівняння. Зважаючи на те, що використовується найпростіший алгоритм порівняння, зображення повинні бути зняті в строго встановлених умовах — не допускається помітних змін ракурсу, освітлення, емоційного виразу тощо. Точність розпізнавання з використанням даного методу становить близько 80%, що є непоганим результатом.

У методі, заснованому на нейронній мережі, характерні особливості обох осіб (zareєстрованого і що перевіряється) порівнюються між собою на збіг. Нейронні мережі використовують алгоритм, що встановлює відповідність унікальних параметрів особи людини, що перевіряється, і параметрів шаблону, що знаходиться в базі даних, при цьому застосовується максимально можливе число параметрів. Цей метод збільшує якість ідентифікації особи в складних умовах.

В даний час існує близько десятка різновиду нейронних мереж. Одним з найбільш широко використовуваних варіантів є мережа, побудована на багат шаровому перцептроні, яка дозволяє класифікувати подане на вхід сигнал відповідно попереднім налаштуванням і навчанням мережі [5]. Навчаються нейронні мережі на наборі навчальних прикладів. Суть навчання зводиться до налаштування ваг між нейронних зв'язків процесі вирішення оптимізаційної задачі методом градієнтного спуску. У процесі навчання нейронної мережі відбувається автоматичне вилучення ключових ознак, визначення їх важливості і побудова взаємозв'язків між ними. Передбачається, що навчена нейронна мережа зможе застосувати досвід, отриманий в процесі навчання, при розпізнаванні невідомих образів за рахунок узагальнюючих здібностей. Відмінними особливостями згорткових нейронних мереж є локальні рецепторні поля (забезпечують локальну двовимірну зв'язність нейронів), загальні ваги (забезпечують детектування деяких рис в будь-якому місці зображення) і ієрархічна організація з просторовими семплінгом [6].

Переваги:

- точність розпізнавання — 90%;
- стійкість до шумів вхідних даних;
- висока в порівнянні з іншими розглянутими алгоритмами швидкодія внаслідок розпаралелювання процесу.

Недоліки:

- досить складна реалізація;

— тривалий час перенавчання при додаванні нової еталонної особи до сформованої початкової бази даних.

Нейронна мережа Хопфілда. Алгоритм навчання мережі Хопфілда істотно відрізняється від класичних алгоритмів навчання перцептронів тим, що замість послідовного наближення до потрібного стану з обчисленням помилок, всі коефіцієнти вагової ваги матриці розраховуються по одній формулі, за один цикл, після чого мережа відразу готова до роботи.

Обмеження методів:

- образи, що запам'ятовуються, не повинні бути сильно схожі;
- зображення не повинно бути зміщене або повернене щодо його вихідного стану.

Для усунення цих недоліків розглядаються різні модифікації класичної нейронної мережі Хопфілда. Мережа Хопфілда з ортогональним перетворенням дозволяє відновлювати сильно скорельовані образи за рахунок перетворення їх вихідної множини до дуальної множини векторів. Таким чином, виходить нейронна мережа, яка може запам'ятовувати деяку кількість векторів, і при подачі на вхід будь-якого вектора, може визначити, на який із запам'ятованих він найбільше схожий. Точність розпізнавання з використанням даного методу становить понад 90%, а в ряді випадків — навіть наближається до 100%, що є майже відмінним результатом.

У області розпізнавання особи за отриманим зображенням обличчя найкращі результати показала згорткова нейронна мережа (ЗНМ) або ж Convolutional Neural Network, яка являється подальшим логічним розвитком ідей таких відомих базових архітектур нейронних мереж як когнітрон й неокогнітрон. Успіх ЗНМ обумовлений можливістю урахування двовимірної топології аналізованих зображень на відміну від використання побудови багат шарового перцептрону.

Суттєвими особливостями ЗНМ є так звані локальні рецепторні поля, що формують локальну двовимірну зв'язність шарів нейронів мережі, загальні ваги, що забезпечують виконання процесу детектування деяких певних рис у будь-

якому фрагменті отриманого зображення й ієрархічна організація мережі із просторовим семплингом (spatial subsampling). Дякуючи цим додатковим нововведенням згорткова мережа забезпечує певну стійкість у роботі при зміні масштабу зображення, повороту, різних зміщеннях, зміні ракурсу спостереження та інших спотворень.

Головним недоліком згорткових нейронних мереж є значна складність при додаванні нового еталонного обличчя людини до сформованої бази даних, що вимагає повного перенавчання цієї згорткової мережі у всьому наявному наборі обличч людей, а це досить тривала процедура, що у залежності від розміру початкової вибірки може тривати від однієї години до днів. Для згорткових мереж існують також проблеми математичного характеру, що пов'язані із виконанням процесу навчання, можливим попаданням у локальний оптимум, вибором оптимального кроку для оптимізації мережі, перенавчання мережі тощо. Також важким є формалізований етап при виборі архітектури згорткової мережі у виборі кількості нейронів, характеру їх зв'язків та шарів.

1.5 Аналіз стану ринку біометричних систем

Інтенсивний розвиток цифрових технологій у системах біометрії, їх неухильне здешевлення дозволяють здійснити вирішення проблем виділення та розпізнавання особи та їх подальшого упровадження в широке використання у самих різних галузях. Вдосконалення та поширення біометричних технологій розпізнавання особи на даний час відбувається значними темпами, що у значній мірі підвищує надійність та знижує вартість для широкого застосування цих біометричних технологій.

Найбільшими виробниками біометричних рішень та виробів дослідники виділяють такі компанії — ASSA Abloy, Bio-Key International, Cognitec Systems, Aware; Daon Facebanx, Fulcrum Biometrics, Fujitsu, NEC, Precise Biometrics, Securiport, Safran, Stanley Black & Decker, Secunet Security Networks, Thales, а також китайські — Huawei, Hikvision, Dahua і ZTE та американські — IBM, Palantir і Cisco [6].

Зростанню біометричного ринку сприяють кілька факторів, серед яких — загрози терористичних атак і попит на системи спостереження. Що стосується бар'єрів, що стримують розвиток ринку, то аналітики головним серед них вважають високу вартість впровадження біометричних технологій.

Найпопулярнішим видом біометричної ідентифікації в 2018 році стало розпізнавання за голосом. Попит на такі системи швидко ріс у міру того, як споживачі прагнули до більш безпечним механізмів ідентифікації. Технологічний прогрес в області біометрії і зростаюча популярність можливостей розпізнавання голосу в фінансовому секторі сприяють піднесенню цього сегмента.

Продовжується пошук нових форм використання біометричних технологій: спостерігається тенденція переходу від їх використання в традиційних системах державної безпеки в сферу комерційного і призначеного для користувача застосування. Експерти виділяють наступні ключові сегменти ринку біометричних технологій по галузям застосування [8]:

— державний сектор — електронні документи, що містять біометричні дані особи (e-ID, e-passports, електронні водійські посвідчення), національні біометричні програми, а також системи національної безпеки (за винятком систем, які використовуються на транспорті і в імміграційному контролі);

— фінансовий сектор — банки, фінанси, платіжні системи та страхування;

— подорожі та міграція — e-Gates³, e-Visas², ABC-Kiosks⁴ і інше (всі біометричні системи використовуються на об'єктах транспортної інфраструктури та в імміграційному контролі);

— охорона здоров'я — як державний, так і приватний сектори;

— ритейл — системи моніторингу покупців;

— корпоративне використання — інформаційне надання даних (віртуальний контроль доступу), облік робочого часу у великих організаціях, фізичний контроль доступу тощо.

Найбільшою в світі системою біометричної ідентифікації на кінець 2018 року була система Aadhaar, запущена в Індії. У ній було зареєстровано понад 1,19 млрд осіб, що становить понад 99% громадян країн у віці від 18 років [9].

Що стосується регіонів, то найбільші продажі біометричних технологій в 2020 році припали на Північну Америку. На то є кілька причин — по-перше, там спостерігається стрімка цифровізація у компаніях, по-друге, в регіоні збільшується популярність інтелектуальних технологій, по-третє, в США і Канаді активно поширюються державні ініціативи по впровадженню біометрії.

У США біометрія активно використовується в системах безпеки. Наприклад, в базах правоохоронних органів країни міститься біометрична інформація про 117 млн. американських громадян, яка отримана на основі застосування технології розпізнавання осіб

16 березня 2020 року стало відомо, що Китай ввів оновлені стандарти для додатків, які збирають біометричні дані, в тому числі для систем розпізнавання осіб. Постачальники послуг також повинні інформувати користувачів про мету, методи і обсязі збору даних, а також пропонувати іншу інформацію для вивчення. У оновлених стандартах компаніям також рекомендується зберігати біометричну інформацію окремо від інформації, що дозволяє встановити особу, і пропонується кілька роз'яснень по обробці даних, включаючи доступ третіх сторін.

Фахівці компанії Comparitech вивчили 50 країн на предмет використання та захисту персональних даних [9]. Зокрема, їх цікавило питання, де збираються біометричні дані, для чого і як зберігаються. На підставі цього кожній країні присуджувалося відповідне кількість балів (максимум 25). Чим вище бал — тим ширший і агресивніше ведеться збір біометричних даних в цій країні. Низькі ж бали навпаки свідчать про великі обмеження і контроль у сфері збору біометрії та урядового нагляду [10].

Найбільш кількість балів (24) набрав Китай, далі йдуть Пакистан і Малайзія (21), США (20) і замикають п'ятірку Індія, Індонезія Філіппіни і Тайвань (19). Топ-5 країн-«відмінниць», де збір біометричних даних ведеться

не так жорстко і краще контролюється, вигладить таким чином — Ірландія (11), Португалія (11), Кіпр (12), Великобританія (12) і Румунія (12).

У кожній вивченої дослідниками країні біометрія використовується в банкінгу (наприклад, відбитки пальців для авторизації в банківських додатках або ідентифікації клієнтів в самих банках). У багатьох країнах також ведеться збір біометричних даних іноземців (через візи і перевірки в аеропортах). Хоча біометричні дані визнані надзвичайно чутливою інформацією, у багатьох країнах допускається їх повсюдне використання. Більш того, в більшості країн використовуються або тестуються камери відеоспостереження з функцією розпізнавання осіб.

Як показало дослідження, в цілому по Європі справи із захистом біометричних даних йдуть краще, ніж за її межами. За словами фахівців, це пов'язано з дією в Євросоюзі «Загального регламенту щодо захисту даних» (GDPR). Дослідження показало [10], що в даний час технології штучного інтелекту (ШІ) для відеоспостереження поширюються швидше і в більшій кількості країн, ніж це видається багатьом експертам, які працюють як в сфері ШІ, так і відеоаналітики. У крайньому разі, 75 з 176 країн в світі активно використовують ШІ для цілей відеоспостереження та відеоаналітики. Найбільш часто ШІ використовується в таких додатках відеоаналітики, як системах розпізнавання осіб, платформи Розумного або Безпечного Міста (56 країн), а також в системах Розумній охороні правопорядку, Smart Police (52 країни) [4].

Найбільш бурхливо технології ШІ для відеоспостереження розвиваються в Китаї, завдяки розробкам таких компаній як Huawei, Hikvision, Dahua і ZTE, які постачають технології ШІ в 63 країни світу. Одна тільки компанія Huawei постачає технології ШІ для відеоспостереження принаймні в 50 країн світу. Слідом з великим відривом по числу країн йде японська NEC Corporation [4].

Компанії США також активно працюють в цій області. Американські технології ШІ для відеоспостереження постачаються в 32 країни світу. Найбільш великими американським гравцями в цій області є компанії IBM (11

країн), Palantir (9 країн) і Cisco (6 країн). Важливу роль також відіграють розробки компаній з Франції, Німеччини, Ізраїлю і Японії [4].

У даному розділі магістерської роботи виконано огляд та зроблено аналіз складу систем біометричного розпізнавання особи, виконано аналіз методів виділення рухомих об'єктів у виділеній сцені, розглянуті методи біометричного розпізнавання особи, такі як метод «eigenfaces» (власне обличчя), метод головних компонент, метод Віоли-Джонса із використанням ознак Хаара, метод гнучкого порівняння на графах (вейвлети Габора), метод автоматичної обробки зображення особи, приховані Марківські моделі та методи на основі нейронних мереж та виконано огляд стану ринку біометричних систем розпізнавання особи.

2 РОЗРОБКА ЗАСОБІВ ДЛЯ СИСТЕМИ ВИДІЛЕННЯ ТА ВІДСТЕЖЕННЯ ПЕРЕСУВАННЯ ЛЮДИНИ

Робота комп'ютерних систем пошуку та відстеження пересування людини ґрунтується на виконанні виділення людини у отриманій сцені відеоспостереження. Процес пошуку людини та відстеження її пересування у отриманій сцені спостереження виконується за ряд послідовних операцій із використанням наявних ресурсів. Розробці методу та послідовності виділення та відстеження пересування людини у отриманій сцені спостереження присвячений даний розділ магістерської роботи.

2.1 Виявлення і супровід людей у відео спостереженні

Виявлення і супровід людей у отриманій сцені відео спостереження широко використовується к різних системах спостереження за певною територією, у банківській сфері, охоронній діяльності та інших сферах. На теперішній час відома досить значна кількість підходів для вирішення завдання виявлення та супроводу людей у отриманій сцені спостереження.

У роботі [7] представлений алгоритм для виявлення та супроводу знайденого зображення людини при внутрішньому відеоспостереженні, який застосовує для операції детектування віднімання заднього фону на основі алгоритму MOG2. Для супроводу людини використовується метод оптичного потоку Лукаса-Канаді. Зсув виявленої області прогнозується з застосуванням фільтра Калмана. Представлений підхід розширено за рахунок операції детектування зміщення виділеного об'єкта на основі методу k-найближчих сусідів.

Однак застосування даного методу розглянуто тільки для однієї людини в кадрі. При динамічному фоні і поганій освітленості досить складно забезпечити мінімізацію помилкових виявлення при роботі детектора, а також досягнути

бажаного рівня стабільності об'єднання виявлених у зображенні множинних об'єктів.

Інший метод для супроводу людини оснований на початковому пошуку та детектуванні голови людини, поліпшена модифікація якого розглянута в [8]. Після виявлення голови для виділення фігури людини виконується розрахунок розмірів тіла на основі відомого статичного процентного їх співвідношення. Такий метод демонструє хороші результати при лінійному русі пішоходів з урахуванням виявлення їх не на кожному кадрі, а через певний інтервал часу.

Отже, подібний підхід може не забезпечити якісного супроводу людей в умовах, коли буде нелінійна траєкторія руху, можуть бути множинні перекриття іншими об'єктами, а також при різкій зміні масштабу. Алгоритми, засновані на використанні згорткових нейронних мереж, мають кращу варіативність при складних умовах відеоспостереження та можуть використовуватися при зіставленні зображень людей, отриманих із різних камер (так звана ре-ідентифікація). Такий підхід представляється перспективним при супроводі декількох осіб, тому доцільно виконати аналіз алгоритмів ре-ідентифікації на основі згорткових нейронних мереж (ЗНМ) у додатку до задачі супроводу. Для вирішення проблеми ре-ідентифікації людей, отриманих з двох різних камер, в [9] розглянуто ЗНМ SiameseNet. Модель використовує дві гілки однаковою архітектури, обмінюються ознаками в процесі порівняння. Кінцевим результатом є бінарна класифікація, яка приймає рішення про схожість двох зображень на вході.

Один із підходів представлений архітектурою PartNet у праці [10], яка попередньо виділяє найбільш інформативні частини людини, потім витягує з них ознаки високого рівня з використанням ЗНМ. Даний підхід при супроводі людей на відео, отриманих з різних камер спостереження, показує хороші результати, однак вимагає великих обчислювальних ресурсів.

Для детектування і виділення ознак у роботі [11] використовувалася ЗНМ Faster R-CNN, яка не піддається навчанню для вирішення завдання супроводу людей при їх русі. Однак вона дозволила отримати все ж кращі результати, ніж

підхід, описаний в праці [12]. Недоліком є те, що для складних випадків траєкторії руху людей результати нестабільні і дуже сильно залежать від параметрів налаштувань алгоритму для роботи цієї мережі.

Відомий також підхід для супроводу людини, у якому застосовується клас алгоритмів із використанням ключових точок фігури людини, які виділяються на суглобах, і подальшого опису їх набором ознак з урахуванням відстаней між ними, відносин між відстанями і тому подібне. В праці [13] запропонована згортова мережа PoseNet для виділення таких ключових точок. Алгоритм заснований на аналізі зсуву всіх точок в просторі і зміни співвідношень відстаней між ними. Подібні алгоритми характеризуються більшою стабільністю при часткових перекриттях об'єктів, однак вимагають дуже значних обчислювальних витрат. Покращена модель Deep SORT [14] алгоритму SORT [15] використовує ЗНМ, яка була розроблена для виділення ознак людей при їх супроводі. Для компенсації помилково негативних результатів детектора і передбачень положення об'єкта на наступному кадрі застосований фільтр Калмана, який дозволяє отримувати хороші результати при лінійному русі об'єктів. Deep SORT є алгоритмом, який демонстрував найкращі результати у міжнародному змаганні MOT16 [16]. При спільному застосуванні Deep SORT для супроводу людей та згортової мережі YOLO v3 для детектування людей швидкість обробки становить 11,5 кадрів в секунду на основі NVIDIA GTX 1060 [17], що не забезпечує роботу в режимі реального часу при стандартній частоті кадрів відеоряду. Метою роботи є розробка алгоритму супроводження людей з поліпшеними якісними характеристиками і з можливістю забезпечення детектування і супроводу в режимі реального часу.

Для виявлення людей у забезпеченні режиму реального часу для вирішення комплексного завдання виявлення та супроводу людей необхідно для першого етапу застосовувати швидкодіючий детектор руху, але з високою точністю. Тобто спочатку маємо виконати детектування на предмет виявлення рухомих об'єктів, а потім вже уточнити чи є серед них люди. Серед існуючих ЗНМ модель YOLO [18] спрямована на зменшення обчислювальних витрат при

обробці зображень із виділеними фрагментами, де розміщені люди. У метриці top-5 точність YOLO становить 88%. Однак недоліком, що обмежує застосування для вирішення зазначеного завдання, є нестабільність роботи при об'єктах, що перекриваються і тому це не дозволить ефективно виконувати детектування людей при низьких рівнях освітлення та складному фоні.

Завдання відстеження об'єктів полягає в тому, щоб на основі послідовності зображень побудувати траєкторії руху заданих об'єктів. При цьому послідовність зображень може бути доповнена різною інформацією — об'єктами, виявленими на попередніх кадрах, швидкістю і напрямком їх руху.

Алгоритм зіставлення блоків [19] розділяє попередній і поточний кадри на непересічні макроблоки і порівнює блоки з попереднього кадру з сусідніми блоками на поточному кадрі. Найкраще збіг визначає вектор переміщення макроблоку з одного місця в інше. Таким чином, обчислюючи переміщення всіх макроблоків, визначається загальна картина руху об'єктів в кадрі. Перевагою методу є відносно висока швидкість роботи, недоліком — нестійкість до поворотів і іншим спотворень зображення. Для відстеження невеликих об'єктів на сцені використовують вейвлет-перетворення [20]. Зазначений спосіб знаходить об'єкт незалежно від того, рухається він або нерухомий, але метод здатний виявити рух тільки одного об'єкта.

Деяким узагальненням є метод обчислення оптичного потоку [21], який знаходить зміщення пікселів, що забезпечує більш точне визначення напрямку руху об'єкту. Оптичний потік може бути щільним або розрідженим. У першому випадку оптичний потік обчислює зміщення кожного пікселі, у другому — виділеного набору пікселів. Застосування методу вимагає виконання двох умов — інтенсивність зображення об'єкта не змінюється з плином часу, точки об'єктів рухаються зі схожою швидкістю.

Ще одним підходом для відстеження об'єкта можна за допомогою його розташування й швидкості руху, для чого застосовують фільтр Калмана [22]. Алгоритм складається з двох етапів — передбачення стану і коригування передбаченого значення. Перевагою методу є здатність передбачати траєкторію

об'єкти, якщо він на короткий час був перекритий, наприклад, іншим об'єктом. Недоліком — здатність відстежувати тільки траєкторії без різкої зміни напрямку руху.

Інший метод полягає у виділенні особливостей об'єктів і попарному порівнянні ознак об'єктів з попереднього і поточного кадрів. Швидкість і точність методу визначається способами обчислення особливостей об'єктів і метриками, що визначають їх схожість. В якості ознак використовують колірні гістограми, текстури і ключові точки [23].

Для виявлення і супроводу пересування людини пропонується використати детектор виділення рухомих об'єктів та згорткову нейронну мережу для подальшого супроводу знайденого зображення людини. Пропонована послідовність по супроводу пересування людини складається із таких основних етапів: виявлення області руху, виявлення у цій області людей, формування вектора ознак для кожного з них для розділення супроводу по кожній особі, встановлення відповідності між об'єктами на отриманих кадрах, пост обробка для поліпшення виділеного фрагменту зображення, індексація людей, якщо їх є більше, ніж одна людина, визначення їх видимості на отриманому кадрі та позначення рамкою людини при її присутності в кадрі.

2.2 Склад та задачі комп'ютерної системи відеоспостереження

Під системами відеоспостереження розуміється програмно-апаратний комплекс забезпечення або технічні засоби, що використовують в тому числі і методи комп'ютерного зору для автоматизованого збору даних, на підставі аналізу потокового відео (відеоаналізу). Системи відеоспостереження можуть спиратися на алгоритми обробки зображення і розпізнавання образів, що дозволяють аналізувати відео без прямої участі людини.

Системи відеоспостереження використовуються в складі інтелектуальних систем відеоспостереження та відео пошуку. Системи відеоспостереження, в залежності від конкретних цілей, можуть реалізовувати значну кількість функцій, наприклад таких, як — виявлення об'єктів, стеження за рухом об'єктів,

класифікація об'єктів, ідентифікація об'єктів, виявлення або розпізнавання різних ситуацій, в тому числі і тривожних.

До завдань, які можливо вирішити за допомогою систем відеоспостереження, відноситься відстеження рухів (переміщень) об'єктів, за допомогою використання камер, розташованих в зоні контролю, а також передбачення такої камери, в області зору якої може з'явитися обраний рухомий об'єкт, після того як покине область зору поточної камери, відеозображення з якої у даний момент часу проглядається оператором.

Найбільш поширеною конфігурацією системи відеоспостереження підприємства або офісу є така структура, що включає відеокамери (цифрові, в тому числі IP камери, що передають кольорове або чорно-біле зображення), відеореєстратори (у вигляді серверів), пульт відеоспостереження із моніторами типу LCD або CRT та ряд допоміжного обладнання, до якого входять джерела безперебійного живлення, роутери, кабелі для підтримання необхідного зв'язку між основними вузлами системи, кронштейни для кріплення складових вузлів та кожухи для захисту від зовнішнього впливу. На таку систему покладається завдання виявлення людей, що рухаються, а також при необхідності виконання їх ідентифікації та аутентифікації.

Ідентифікація та розпізнавання суб'єктів доступу здійснюється у момент їх доступу до установлених таких засобів як турнікети, входження до приміщень підприємства (організації) або ж доступ до пристроїв, в тому числі може виконуватися й режим організації дистанційної форми доступу. Основою роботи системи виконання захисту та розмежування доступу є процес ідентифікації та аутентифікації, так як усі механізми виконання захисту розраховані на виконання роботи із суб'єктами та об'єктами різного типу автоматизованих систем.

Завданням систем по виконанню операції ідентифікації та аутентифікації є перевірка наданого набору повноважень суб'єкту, що перевіряється, при такому доступі до комп'ютерної системи. При виконанні процесу ідентифікації

надається можливість суб'єкту (користувачеві) повідомити про себе та повідомити своє ім'я.

Під терміном ідентифікація розглядається процес присвоювання суб'єктам й об'єктам особистого унікального ідентифікатора й виконання його порівняння по наданому переліку по можливостям такого доступу. У завдання ідентифікації входить здійснення перевірки таких функцій, як контроль за наданими повноваженнями в даній системі, визначення повноважень й перевірка їх справжності цього суб'єкта при його кожному наступному допуску до роботи в даній системі й реєстрація його дій.

Терміном аутенфікація називається процес перевірки належності суб'єкта, що перевіряється, представленому ним ідентифікатором й підтвердження його справжності. Аутентифікація суб'єкта заключається у перевірці цього заявленого суб'єкта тому факту, за кого він же насправді себе видає. Якщо під час цього процесу аутентифікації заявлена справжність суб'єкта буде підтверджена, то перевіряючи система визначає перелік наданих йому повноважень й сукупності прав. Це й є обов'язковою умовою для здійснення подальшого контролю за суб'єктом й розмежування наданого йому доступу до наявних ресурсів.

За допомогою процесу аутентифікації контролююча сторона переконується у заявленому суб'єкту та його статусі, що він є дійсно тим, за кого він себе представляє системі, та перевіряється, чи має заявлений суб'єкт із даним представленим ідентифікатором надане йому право доступу до ресурсів цієї системи. Здійснення процедур ідентифікації й аутентифікації суб'єкта нерозривно пов'язані між собою, так як обраний спосіб перевірки особи визначає, яким чином та що має подати заявлений користувач цієї системі, щоб підтвердити та отримати належний йому доступ [15].

Ще один поширеним способом ідентифікації є біометрична ідентифікація суб'єкта. Біометрична ідентифікація конкретної людини проводиться по унікальним та притаманним тільки цій особі біологічним ознакам. Цей напрямок ідентифікації на теперішній час надзвичайно активно та швидко

розвивається. Тепер використовується уже більше десяти різних біометричних ознак особи [12]. Головною та вагомою перевагою цих біометричних технологій ідентифікації є їх досить висока надійність.

Серед біометричних ознак при виконанні задачі ідентифікації особи використовуються такі засоби, як — ідентифікація особи по відбитку пальця, контроль особи за сітківкою ока, перевірка особи по розташуванню вен на долоні людини, розпізнавання особи за формою обличчя, перевірка особи за формою кисті руки та розпізнавання особи за райдужною оболонкою ока. На практиці для здійснення процесу ідентифікації особи застосовується двовимірне й тривимірне зображення обличчя людини.

Розпізнавання особи користувача за отриманим тривимірним зображенням обличчя людини дуже подібне до методу ідентифікації особи за формою її кисті руки. У цьому випадку будується тривимірний образ обличчя людини й спеціально створене програмне забезпечення виділяє із цього образу ключові елементи обличчя у вигляді контурів носа, губ, очей й інших частин обличчя. На наступному етапі по сформованим контурам обличчя людини створюється цифровий код для подальшого процесу виконання ідентифікації особи.

На практиці із усього великого розмаїття біометричних методів розпізнавання використовується не так вже й багато. Базовими біометричними методами розпізнавання є три таких методи — розпізнавання особи по сітківці ока або ж райдужній оболонці ока, по тримірному або ж двомірному зображенню обличчя людини та по відбитку пальців руки людини.

На теперішній час усі відомі біометричні технології є у певній мірі ймовірнісними методами і це слугує основою для критичних висловлювань щодо існуючих біометричних методів. Але все ж таки сучасні біометричні технології значно надійніші й зручніші за усі ті раніше відомі методи та засоби для здійснення розмежування доступу користувачів та захисту систем та територій від зловмисників, які досить широко застосовувалися до теперішнього часу [22].

2.3 Розробка послідовності відстеження пересування людини

Виявлення людини у отриманій відео послідовності повинно складатися як мінімум із двох етапів — спочатку визначаємо ділянки отриманої сцени зображення, де є рух, а потім перевіряємо, чи у рухомих частинах зображення є людина. Для цього проаналізуємо відомі рішення для виявлення рухомих об'єктів та виділення особи людини у отриманому фрагменті зображення.

Відомий спосіб виявлення появи об'єктів на зображеннях [23]. Винахід відноситься до засобів автоматичного виявлення об'єктів на зображеннях. Технічним результатом є підвищення точності виявлення об'єктів на зображеннях. У способі з відеопослідовності ініціалізують сусідні кадри, з отриманих кадрів віднімають постійну складову, вимірюють енергетичний спектр даних кадрів і подають як матриці попереднього і матриці поточного кадрів, визначають характеристики попереднього та поточного кадрів, визначають різниці відносин двох сусідніх кадрів і порівнюють отриману різницю з порогом, приймаючи рішення про появі об'єкта в поточному кадрі зображення.

Відомий також винахід, що відноситься до області розпізнавання образів і може бути використано в системах технічного зору при вирішенні завдань попередньої обробки зображення. Технічним результатом винаходу є підвищення точності визначення областей рухомих об'єктів і підвищення швидкості виділення контурів зображення. Запропоновано спосіб виділення контурів рухомих об'єктів, до складу якого виявлення рухомих пікселів по принципу між кадрового віднімання, визначення напрямку руху виявлених пікселів з урахуванням напрямки руху суміжних пікселів, формування рухомих об'єктів шляхом об'єднання суміжних пікселів із одним напрямом та наявності пікселів у восьми зв'язаній околиці, потім використання просторового диференціювання виявлених об'єктів оператором Собеля, скелетизації контурних ліній у градієнтному зображенні методом придушення точок

немаксимальної яскравості, порогової обробки скелетного градієнтного зображення на основі знаходження максимуму й мінімуму ентропії.

Відомий також спосіб підкреслення контурів зображення рухомих об'єктів [24], що полягає в виявленні руху, визначення руху пікселів, об'єднанні рухомих в одному напрямку пікселів в об'єкти і підкресленні їх контурів. Недоліком даного способу є низька точність визначення напрямку руху пікселів і як наслідок невисока точність виділення контурів, викликана незалежною обробкою кожного пікселя при виявленні напрямки його руху без урахування інформації про сусідні пікселі.

Відомий також спосіб виділення контурів об'єктів зображення [25], що включає процес попередньої фільтрації фільтром Гауса, виділення контурів оператором Собеля, стоншення контурних ліній та порогової обробки. Винахід дозволяє збільшити швидкість отримання контурів об'єктів за рахунок підвищення точності формування областей рухомих об'єктів і проведення операцій для виділення контурів тільки в виділених областях.

Спосіб виділення контурів рухомих об'єктів, до складу якого входить просторове диференціювання для виявлених об'єктів, скелетизації контурних ліній на градієнтному зображенні, порогову обробку скелетного градієнтного зображення, відрізняється тим, що попередньо виявляються рухомі пікселі за принципом між кадрового віднімання, визначається напрямок руху виявлених пікселів з урахуванням напрямку руху суміжних пікселів, формуються рухомі об'єкти шляхом об'єднання суміжних пікселів з одним напрямком і наявності пікселів в восьмизв'язній околиці. Недоліком даного способу є низька швидкість виділення контурів.

Відомо рішення, розкриті в патенті [26], в якому розкриті системи і способи обробки зображень, спрямовані на відстеження людини по деякій множині камер і здатні передбачати, в області зору якої наступної камери з'явиться особа, яка відстежується. Система обробки інформації налаштована для ідентифікації напрямку переміщення об'єкта, що з'явився в відеозображенні першої відеокамери із множини відеокамер, визначення значення ймовірностей

і передбачення на основі отриманих значень ймовірностей однієї або ж декількох наступних відеокамер, для яких ймовірність появи відстежуваного об'єкта є вищою, ніж для решти відеокамер.

Недоліком даного рішення є неможливість вибору конкретного об'єкта і розпізнавання його руху, а також відсутність виділення рухомого об'єкту як області інтересу при розпізнаванні руху. Крім того, в даному рішенні відсутній етап прив'язки виставлених відеокамер із планом місцевості об'єкту відеоспостереження. Зазначені недоліки не дозволяють досягти необхідного рівня точності відстеження конкретних об'єктів, які рухаються на заздалегідь визначеній території.

Також близьким за технічною сутністю є відоме за рівнем техніки рішення, що розкрито в патенті [27], характеризує пристрій, систему і спосіб, спрямовані на сприяння контролюючій людині в виконанні завдання відстеження об'єктів, які рухаються. Пристрій налаштований для відображення в реальному часі на пристрої відображення множини видів відображення захоплених зображень, зроблених відповідними камерами, причому множина видів відображення розташовані на зображенні карти, що представляє контрольовану зону, причому пристрій містить блок установки мети, для вибору і установки рухомого об'єкта в якості мети, яка повинна відслідковуватися, блок вказівки мети, який на підставі інформації стеження, отриманої в результаті обробки зображень, вказує рухомий об'єкт на кожному з видів, на якому з'являється рухомий об'єкт, блок передбачення, для передбачення такого виду відображення, на якому рухомий об'єкт з'явиться в наступного разу, і блок вказівки виду відображення, який вказує наступний вигляд відображення.

Дане рішення характеризується недостатньою точністю відстеження рухомих об'єктів за рахунок відсутності належної прив'язки множини відеокамер до плану місцевості об'єкта відеоспостереження. Крім того, дане рішення не застосовується для відстеження рухомих об'єктів при перегляді

архівної відео. До недоліків також відноситься відсутність факту розпізнавання руху і оцінки напрямку руху обраного рухомого об'єкта.

Відомий спосіб виділення контурів рухомих об'єктів [28]. Винахід відноситься до області розпізнавання образів і може бути використано в системах технічного зору при вирішенні задач попередньої обробки зображення.

Структурна схема пристрою включає в себе:

- виділення контурів рухомих об'єктів, включаючи виявлення рухомих пікселів по принципу міжкадрового віднімання;
- визначення напрямку руху виявлених пікселів з урахуванням напрямку руху суміжних пікселів;
- формування рухомих об'єктів шляхом об'єднання суміжних пікселів з одним напрямком і наявності пікселів у восьмизв'язній околиці;
- просторове диференціювання виявлених об'єктів оператором Собеля:
- скелетизації контурних ліній на градієнтному зображенні методом придушення точок немаксимальної яскравості, порогова обробка скелетного градієнтного зображення на основі максимуму і мінімуму ентропії.

Недоліками відомого способу і пристрою його реалізує є:

- низька точність визначення локальних дескрипторів;
- просторове диференціювання оператором Собеля при наявності текстурованих об'єктів призводить до значних похибок детектування.

Відомий спосіб детектування особливих точок і пристрій, що буде його реалізовувати [29]. Винахід відноситься до детектування точкових особливостей і способу детектування локальних особливостей особи.

Основна технічна задача, розв'язувана заявляється винаходом, полягає в створенні пристрою і способу коректного детектування локальних особливостей на зображенні особи однієї точкової нормалізацією та багато точковою нормалізацією розпізнавання образів.

Структурна схема пристрої для виявлення локальних особливостей включає в себе:

— запам'ятовуючий пристрій, налаштований на зберігання першого шаблону для першої локальної точки об'єкта, другого шаблону для другої локальної точки, а третій шаблон для комбінації першої і другої локальної точки;

— пристрій введення зображень;

— блок кандидат;

— перший блок розпізнавання образів, що витягує множину третіх кандидатів із множини перших кандидатів на основі подібності між першим кандидатом і першим шаблоном, а також витягує множину четвертого кандидата з множини других кандидатів на основі подібності між кожним другим кандидатом і другим шаблоном;

— другий блок розпізнавання образів, що створює множини перших комбінацій кожного третього кандидата, а кожен четвертий кандидат витягується другою комбінацією з множини перших поєднань, заснованих на третьому схожості між першою комбінацією і третім шаблоном.

Недоліками відомого способу і пристрою його реалізує — винахід призначений тільки для детектування точкових особливостей локальних особливостей особи. Запропоновано також компактний пристрій для визначення відстані і швидкостей об'єктів на основі стерео підходу [30] дозволяє отримувати потік стерео зображень, що проводить їх ректифікацію і корекцію, після чого витягує із зображень вектор ознак для кожної точки, потім ефективно зіставляє їх усередині епіліній для отримання стерео розбіжності між наступними та попередніми кадрами для отримання оптичного потоку, дозволяє отримати високу швидкість визначення відстані і швидкостей об'єктів, підвищити ефективність розпізнавання об'єктів, жестів, вести контроль периметра, попереджати зіткнення транспортних засобів між собою і з нерухомими перешкодами, приміщення та об'єкти, використовуватися як датчик для автономних роботів.

Пристрій для визначення відстані і швидкостей об'єктів на основі стерео підходу, що характеризується тим, що він включає — блок відеокамер, що

складається принаймні з двох відеокамер, спрямованих на аналізований об'єкт. Перший інтерфейсний блок, призначений для конверсії інтерфейсу блоку відеокамер в дані для переробки. Блок нормалізації і ректифікації зображень, який одержує від першого інтерфейсного блоку інформацію, отриману від блоку відеокамер. Блок зберігання відкорегованої інформації, пов'язаний із блоком нормалізації й ректифікації зображень, що зберігає попередньо прораховані вектори зміщення для ректифікації. Блок вилучення ознак, який одержує дані від блоку нормалізації і ректифікації зображень і виконаний з можливістю обробки околиць окремих пікселів і розрахунку для кожної околиці одного або декількох векторів ознак. Блок ранжирування ознак, виконаний з можливістю поділу ознак на ранжирування групи, отриманих від блоку вилучення ознак. Перший блок реорганізації ознак, що обробляє згруповані ознаки, оброблені блоком ранжирування ознак, за допомогою формування таблиць ознак.

Блок зіставлення кадрів, який одержує дані від першого блоку інтерфейсу і першого блоку реорганізації і виконаний з можливістю зіставлення ознак, отриманих від першого блоку реорганізації, в межах рядків; перший блок формування гіпотез, що характеризують рух точок оптичного потоку, який одержує пару рядків з правого і лівого кадрів, оброблену блоком зіставлення кадрів; перший блок фільтрації, виконаний з можливістю аналізу сформованих гіпотез і видалення хибно позитивних і коригування помилкових відповідей. Блок посторганізації ознак, що обробляє дані, отримані від першого блоку реорганізації ознак, і виконаний з можливістю об'єднання таблиць для всіх послідовних наборів рядків, що відповідають одному набору первинних ознак, в одну. Блок зіставлення ознак, який одержує об'єднані таблиці від блоку посторганізації ознак і кадри від першого інтерфейсного блоку і блоку зберігання інформації, і ознак попередніх кадрів.

Другий блок формування гіпотез руху координат точок оптичного потоку, який одержує дані з блоку зіставлення ознак, і другий блок фільтрації, який одержує дані від другого блоку формування гіпотез і виконаний з

можливістю аналізу сформованих гіпотез другим блоком формування гіпотез і видалення хибно позитивних, і коригування помилкових відповідностей. Блок поліпшення буфера, який одержує дані від другого блоку фільтрації відфільтровані гіпотези і виконаний з можливістю присвоєння диспаритету точкам; блок уточнення стерео, який одержує дані від блоку поліпшення буфера і виконаний з можливістю субпіксельного уточнення значення диспаритету, використовуючи метод субпіксельного трекінгу.

Блок уточнення оптичного потоку, який одержує дані від блоку поліпшення буфера і виконаний з можливістю субпіксельного уточнення значень векторів оптичного потоку, використовуючи метод субпіксельного трекінгу. Блок триангуляції, який одержує дані від блоку поліпшення буфера і виконаний з можливістю перетворення диспаритету в глибини буфера.

Блок ректифікації, який одержує дані від блоку поліпшення буфера і виконаний з можливістю на основі отриманих диспаритет здійснювати реконструювання матриць стереопар. Блок зберігання інформації і ознак попередніх кадрів, пов'язаний з блоком пост організації ознак і містить відомості про ознаки, пов'язані з точками на попередньому кадрі. Другий інтерфейсний блок, пов'язаний з блоком нормалізації і ректифікації зображень і отримує від нього дані результатів компенсації дисторсій оптичної системи і ректифікації і метаінформацію, причому другий інтерфейсний дозволяє передавати сформовані буфери глибин і оптичного потоку для подальшої обробки, а також отримувати настройки всіх блоків.

Можна запропонувати таку послідовність виділення рухомих об'єктів, у якості яких будуть у першу чергу входити задачі по виявленню рухомих людей. Початковим етапом буде виявлення рухомих пікселів, використовуючи принцип між кадрового віднімання отриманого відео потоку. Наступним буде визначення напрямку руху виявлених пікселів із урахуванням напрямку руху суміжних пікселів зображення. Надалі формування рухомих об'єктів шляхом об'єднання суміжних пікселів із одним напрямом та наявності пікселів у восьми зв'язаній околиці, потім використання просторового диференціювання

виявлених об'єктів оператором Собеля для виділення контурів рухомих об'єктів, наступним буде етап скелетизації контурних ліній об'єктів у градієнтному зображенні із використання методу подавлення точок зображення із немаксимальною яскравістю, а надалі вже порогова обробки отриманого скелетного градієнтного зображення на основі пошуку максимуму та мінімуму значень у отриманому описі зображення.

Пошук людини у отриманому зображенні є наступним етапом вирішення задачі по виділенню рухомої особи у потоці відео кадрів. Завдання по виявленню руху людини знаходить своє безпосереднє застосування в системах пошуку та відстеження пересування людини в отриманому відео потоці для подальшого оброблення отриманої інформації [22].

Запропонована послідовність операцій по пошуку та виділенню об'єктів руху, а потім локалізації людини у отриманій сцені зображення із відео потоку лежить у основі підходу по виділенню та відстеженню пересування людини або групи людей, деякі із етапів цієї послідовності розглянуті більш детально у третьому розділі даної роботи.

2.4 Засоби виявлення руху та відстеження пересування людини

Першим етапом роботи системи по виявленню людей, що пересуваються, є етап знаходження області руху. Для цього можна скористатися одним із підходів, які використовуються. Це метод вирахування фону, знаходження різниці кадрів, визначення часової різниці або знаходження оптичного потоку. Щоб вибрати такий метод, який найкраще підходить у нашому випадку, розглянемо коротко особливості їх роботи.

Простим методом до вирішення завдання виділення рухомого об'єкти є використання механізму віднімання фону з кадру відео [13]. Процедура віднімання передбачає, що для даного відео побудована модель фону. В принципі, така модель повинна являти собою сцену без рухомих об'єктів. При цьому необхідно її регулярно оновлення, для того щоб враховувати зміну умов освітленості і камери, наприклад таких як поворот, нахил і зміна фокусної

відстані. Іноді використовують процедуру поновлення моделі фону з плином часу. Процедура вирахування моделі фону складається з двох етапів. Віднімання фонового зображення з поточного кадру відео. На даному етапі відбувається попіксельне віднімання інтенсивностей кадру відео і фонового зображення.

Поділ пікселів за належністю до фону і об'єкта, тобто побудова бінарного зображення (маски). Вважається, що піксель належить об'єкту і має білий колір в масці, якщо різниця інтенсивності фону і поточного кадру для даного пікселя перевищує деяке порогове значення, в іншому випадку, приймається, що піксель належить фону.

Від якості побудованої моделі фону залежить якість визначення положення рухомого об'єкта за допомогою методу віднімання фону. Всі методи вирахування фону діляться на дві групи (нерекурсивні та рекурсивні методи) у залежності від механізму побудови фонового зображення:

— нерекурсивні методи при оновленні моделі фону для поточного кадру використовують дані про інтенсивності пікселів деякого набору попередніх моделей фону (або кадрів) і поточного кадру [16] (деякі методи, що відносяться до нерекурсивного підходу, представлені нижче);

— метод віднімання поточного і попереднього кадру (в даному методі передбачається, що для певного кадру k_i модель фону f_k у точці із координатами (x, y) збігається з попереднім кадром), й також на першому етапі алгоритму віднімання фону обчислюється різниця двох послідовних кадрів відеопослідовності;

— метод усереднення деякої кількості попередніх кадрів, в цьому випадку кількість кадрів, за якими виконується побудова моделі фону, позначається як s , а отже модель фону f_k для кадру k_i можна виразити як середнє значення яскравості i_k всіх вибраних попередніх кадрів;

— метод визначення медіани фіксованої кількості попередніх кадрів, також як в методі усереднення припускаю, що s — число кадрів, на підставі яких буде оновлюватися модель фону, і тоді модель фону f_k визначається

$$f_k(x, y) = \text{med}_{j=0, s-1} \{i_{k-j}(x, y)\}$$

— метод, заснований на використанні мінімаксного фільтра — за допомогою навчальної послідовності без рухомих об'єктів визначаються три значення для кожного пікселя фонового зображення (мінімальна яскравість $i_{\min}(x, y)$, максимальна яскравість $i_{\max}(x, y)$, а також максимальна зміна яскравості між сусідніми кадрами $\Delta i_{\max}(x, y)$ [28]).

Ці значення визначаються виходячи з параметрів кількох кадрів і періодично оновлюються для моделей фону. Головною перевагою нерекурсивних методів є простота реалізації і швидкість поновлення моделей фону при переході від одного кадру до іншого в відео послідовності. Однак точність роботи даних методів сильно залежить від швидкості об'єктів. Чим повільніше рухається об'єкт, тим гірше він визначається. Методи даної групи вельми неефективні при наявності рухомого фону (листя дерев, струмінь води і так далі). Для згладжування зазначених ефектів застосовують так зване α змішування. У даній процедурі оновлена модель фону для кадру k_1 представляється опуклою оболонкою моделі фону F_{k_1} .

У рекурсивних методах для поновлення моделі фону використовується дані про інтенсивності пікселів тільки поточного кадру. До рекурсивних методів можна віднести — гістограмний метод, метод представлення моделі фону сумішшю розподілів Гауса (Gaussian mixture model) [31], метод «шифрувальної» книги (codebook) [32], метод вилучення візуального фону (Visual Background Extractor, ViBe) [33].

У гістограмному методі весь колірний простір розбивається на окремі біни. У напівтоновому зображенні даного простору передбачається відрізок зміни інтенсивності, а в кольоровому зображенні — тривимірний куб. Гістограма будується для всіх зображень в відеопослідовності. Гістограмний метод здійснює аналіз всіх пікселів зображення. Виходячи з того, яка інтенсивність/колір спостерігається в пікселі, збільшується на одиницю значення відповідного біна гістограми. Якщо величина певного біна менше

фіксованого порогового значення, то пікселі, що входять до складу цього біна, належать фону. В іншому випадку, приймається, що пікселі належать об'єкту. Головною проблемою використання гістограмного методу вважається необхідність використання додаткової пам'яті і виконання значної кількості операцій звернення до пам'яті в процесі реалізації.

Метод, заснований на використанні апроксимуючого медіанного фільтру. Підхід, де застосовувався простий рекурентний фільтр для оцінки медіани, був використаний для моніторингу міського транспорту [34]. В даному методі поточне значення медіани збільшується на одиницю, якщо піксель такого кадру більше певної оцінки, і зменшується на одиницю в зворотному випадку.

В результаті оцінка медіани зводиться до значення, коли половина входять пікселів більше його, а половина — менше. Це і є медіаною. Недолік методу — повільна адаптація при досить великих змінах фону [35]. Для адаптації до області фону, яку покинув об'єкт, довгий час займав її, потрібно значне кількість кадрів.

Метод суміші розподілів Гауса (Gaussian Mixture Model — GMM) [21]. При побудові фону за цим методом вважається, що для будь-якого пікселя зображення k_1 відома історія зміни його інтенсивності/кольору на всіх попередніх кадрах. Тоді ймовірність спостереження значення X_k , представляється сумішшю Гаусових розподілів.

Передбачається, що складові кольори є незалежними і мають однакову середньоквадратичну похибку. Виходячи з даного твердження, можна зменшити обчислювальну трудомісткість методу за рахунок відсутності необхідності обчислювати матрицю, зворотну до матриці коваріації. Таким чином, задано розподіл спостережуваних значень кольори для кожного пікселя. Нове значення кольору можна уявити як одну з основних компонент отриманої суміші гауссова розподілів. Також воно може використовуватися для поновлення параметрів моделі. Побудовані розподіли сортуються в порядку зменшення величини.

Метод вилучення візуального фону (Visual Background Extractor) [23]. В даному методі модель фону на k -му кадрі представляється набором множин. Для класифікації пікселя p в колірному просторі будується сфера $S(x, y, R)$, радіус якої R , також обчислюється кількість векторів множини $M(p)$ які потрапляють в побудовану сферу.

Якщо виконується умова, то приймається, що піксель p належить фону, в іншому випадку він належить об'єкту. На першому кроці повинна бути виконана ініціалізація множин M_p для всіх пікселів p зображення.

Ще одна група алгоритмів визначення руху об'єктів сцени заснована на оптичному потоці. Під оптичним потоком (ОП) в обробці відео розуміється векторне поле, що визначає швидкість окремих точок або фрагментів поточного кадри послідовності зображень щодо попереднього кадри. Ухвалення рішення в більшості алгоритмів виявлення рухомих об'єктів здійснюється простим пороговим порівнянням. Такий підхід накладає обмеження на мінімальну швидкість руху виявленої цілі, яка може бути менше швидкості руху фону (хмар, гілок дерев).

Оптичний потік являє собою зображення видимого руху об'єкта, поверхонь або країв сцени, що отримується в результаті переміщення спостерігача (очей або камери) щодо сцени. Алгоритми, засновані на оптичному потоці (реєстрація руху, сегментація об'єктів, кодування рухів) використовують цей рух об'єктів, поверхонь і країв. По суті, оптичний потік — це поле швидкостей, так як зсув точки між двома зображеннями еквівалентний миттєвої швидкості. Обчислення оптичного потоку — знаходження векторів (швидкостей) для оцінки руху об'єкти [26]. Застосування даного підходу вимагає виконання двох основних умов:

- яскравість кожної точки об'єкта не змінюється з плином часу;
- найближчі точки, що належать одному об'єкту, в площині зображення рухаються зі схожою швидкістю.

Методи, засновані на оптичному потоці, обчислюють рух між двома кадрами в кожному пікселі. Кадри беруться в момент часу t і t_c . Дані методи

називаються диференціальними, так як вони засновані на наближенні сигналу відрізком ряду Тейлора. Тому ці підходи застосовують часткові похідні по часу і просторові координати. У випадку розмірності 2D (при більшій розмірності аналогічно) піксель в позиції (x, y, t) з інтенсивністю $I(x, y, t)$ за один кадр буде переміщений на Δx , Δy і Δt внаслідок того, що інтенсивність точки не змінюється. Так як переміщення мале, за допомогою ряду Тейлора виводиться рівняння оптичного потоку [27].

Існує значна кількість різних методів визначення оптичного потоку. Фазова кореляція — інверсія нормалізованого перехресного спектра. Блокові методи — пошук місця розташування заданих областей (блоків) поточного кадру на попередньому кадрі. Диференціальні методи оцінки оптичного потоку, що базуються на приватних похідних сигналу — алгоритм Лукаса-Канаді, Horn-Schunck та Buxton-Buxton. При використанні алгоритму Horn-Schunck враховується, що на всьому зображенні оптичний потік буде гладким [28]. Вводяться дві функції, що визначають помилку та характеризують розбіжність між інтенсивністю вихідного і зміщеного пікселів.

Із відомих методів вибираємо метод між кадрової різниці. Це дозволить досить просто виявити факт наявності рухомих об'єктів у отриманій сцені спостереження. Наступним етапом є пошук у області руху людини або групи людей. Для цього можна скористатися такими детекторами виділення обличчя людини, як метод Віоли-Джонса, направлених градієнтів або локальних бінарних шаблонів. Але ці підходи дозволяють досить швидко локалізувати зображення людини, якщо вона дивиться у камеру відео спостереження. Якщо ж вона повернута спиною до спостерігача, то ці методи не дозволять визначити, що у сцені спостереження знаходиться людина. Кращим є підхід виявлення силуету людини, до якого входить виділення голови та торсу людини. Тут необхідно виділити контур людини та провести його розпізнавання. Одним із кращих підходів виявлення такого силуету людини є використання загорткових нейронних мереж. Останнім часом для цієї операції найкраще підходить

згортова нейронна мережа типу YOLO. Її і використаємо у якості детектора по пошуку людини. Така мережа характеризується такими параметрами.

Розвитком архітектури YOLO є модифікації YOLOv2 і YOLO9000 [14], у які включені — нормалізація даних, що дозволяє не використовувати технологію відсіву без побоювання виникнення перенавчання, підвищення розмірності класифікатора для YOLO v2 до [448×448] для 10 епох ImageNet, використання мережі, що приносить припущення про знаходження регіонів інтересу за аналогією з моделлю Faster R-CNN, застосування методу k-середніх для попередньої сегментації об'єктів у кожній області інтересу, що дає можливість виділяти п'ять класів об'єктів, багато масштабне навчання, яке дозволяє мережі сегментувати і класифікувати об'єкти при різних дозволах, нова класифікаційна модель Darknet-19, яка містить 19 загорткових шарів та 5 шарів субдискретизації.

Мережа YOLO9000 має ту ж архітектуру, що і YOLO v2, проте кількість вихідних гіпотез обмежується трьома. У цій моделі також передбачено застосування карт ознак різних розмірів в якості вхідних даних, що веде до кращого виявлення об'єктів, які змінюють свій масштаб під час обробки. Однак обчислювальні витрати значно більші, ніж у мережі YOLO. При цьому для деяких класів об'єктів, наприклад, «людина», «одяг», ймовірність правильної класифікації зменшується, що накладає обмеження на використання даної моделі мережі в задачі виявлення людей у приміщеннях.

Модель YOLO третьої версії [15] використовує поліпшену архітектуру для виділення ознак Darknet-53, що містить 53 шари і 23 пропускних з'єднання, що дозволяє при необхідності звести до нуля вплив шару на результат роботи детектора, тобто дає можливість змінювати архітектуру мережі так, щоб кінцева кількість шарів визначалося для конкретної задачі в процесі навчання.

Таким чином, як модель загорткової мережі для детектування об'єктів в запропонованому алгоритмі супроводу через об'єднання використовується YOLOv3, тому що дана архітектура характеризується хорошою точністю виявлення і задовільним часом обробки.

У даному розділі роботи були розглянуті підходи по виявленню рухомих об'єктів, визначено базовий склад комп'ютерної системи відео спостереження та вимоги до неї, запропоновано вдосконалений підхід до виділення обличчя людини у отриманому відеопотоці. На основі запропонованого підходу створено послідовність дій для виділення та відстеження пересування людини у отриманій сцені спостереження.

3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ВІДСТЕЖЕННЯ ПЕРЕСУВАННЯ ЛЮДИНИ

Обробка послідовності отриманих відеокадрів із метою виділення області руху, що відповідає людині, яка рухається, відбувається за ряд етапів. У даному розділі магістерської роботи розглядається процес розробки програмних засобів пошуку та виділення людини шляхом знаходження області руху, що відповідає зображенню людини та відстеження її пересування.

3.1 Вибір інструментальних засобів для створення програми

Вибір інструментальних засобів складається із вирішення задачі вибору мови програмування та визначення додаткових бібліотек, які у тій чи іншій мірі дозволяють спростити процес створення програмного продукту шляхом підбору уже створених елементів програми для досягнення поставленої задачі. Вибрана мова програмування вирішує дві пов'язані між собою цілі: вона надає програмісту апарат для указування дій, що необхідно виконати, і формує поняття, які використовує програміст, коли думає про створення та реалізацію конкретної програми. Для вирішення проблем по можливій несумісності апаратних й програмних платформ та додаткових інших проблем, що виникають при програмуванні конкретного завдання, існують різні мови програмування.

У сучасному програмуванні для формування та реалізації бажаних програмних продуктів найчастіше застосовуються об'єктно-орієнтовані мови. У теперішньому програмуванні програмісти приділяють значну увагу об'єктно-орієнтованим мовам програмування, так як тільки вони дають можливість застосовувати значні плюси об'єктно-орієнтованої конструкції написання програми не лише при етапі конструювання та проектування системи, а й у подальшому при їх реалізації та виконанні тестування у практичному використанні. Тому із ними будемо мати справу й у нашому випадку для

створення програмного продукту. Існує багато різних мов програмування, найбільш поширеними є C++, C#, Java та Python. Розглянемо кожен із цих мов програмування для подальшого вибору та використання у нашому випадку.

Однією із досить поширених мов програмування є мова C++ — одна із тих мов, що відноситься до мов високого рівня, та підтримує такі основні парадигми програмування, як об'єктно-орієнтовану, узагальнену та процедурну [32]. Якщо розглядати стандартний склад бібліотеки цієї мови програмування, то слід відмітити, що вона уміщує у собі стандартну бібліотеку із мови C, зрозуміло із деякими певними змінами, які більше вже відповідають мові C++. Інша значна частина бібліотеки мови C++ ґрунтується на стандартній бібліотеці із шаблонів (STL). Із можливостями цих шаблонів стає доступним такий корисний інструментарій, як набір контейнерів, для прикладу списків або векторів, та також ітератори, без яких не було б можливості доступу до цих контейнерів, що подаються у вигляді масивів. Бібліотека шаблонів дозволяє оперувати також із такими поширеними типами контейнерів, як списками що пов'язані асоціативністю, чергами та стеками даних. При застосуванні шаблонів, можливо формувати узагальнені алгоритми, які дають можливість працювати із різноманітними контейнерами або ж переліками послідовностей, де із членами котрих допомагають зв'язатися ітератори.

Ще одна мова програмування C# є об'єктно-орієнтованою мовою, вона гарантує безпечну у роботі системи типізації для платформи при створенні веб-застосунків та простих програм із використанням .NET [34]. Мова C# дуже схожа по синтаксису до таких мов програмування як Java та C++. Показники на функції класів, підтримка поліморфізму, різні властивості, перевантаження операторів, події, коментарі у форматі XML, винятки та атрибути — це досить розширений перелік тих можливостей, який надає та підтримує дана мова програмування.

Крім того, мова C# має строгу статичну типізацію. Мова C# перейняла ряд особливостей у своїх попередників мов програмування, таких як C++, Delphi та Modula. Взввши до уваги досвід роботи користувачів із подібним

попереднім програмним забезпеченням, розробники мови С# видалили усі застосування особливостей із поганою репутацією з попередніх моделей мов програмування. Ось чому у мові С# відсутні такі функції як підтримка виведення типів чи можливості використання множинного успадкуванням класів.

Із почесним місцем ще однією чудовою мовою посідає мова Java [28]. Це також об'єктно-орієнтована мова, що широко застосовується сучасними фахівцями у створенні програмних продуктів. Синтаксис цієї мови має багато спільних рис із мовами із ряду С і С++, що були розглянуті раніше. Офіційній реліз мови Java проводить компіляцію програми у portablecode, при застосуванні якого відбувається інтерпретування із використанням віртуальної машини для певної платформи. Віртуальну машину мови Java й компілятор до неї надає компанія SunMicrosystems.

У мові були усунуті окремі випадки появи зі сторони програмістів ймовірних механічних помилок. У підсумку сама розробка об'єктно-орієнтованих програм стала значно легшою. Деяку частину рутинної роботи, у порівнянні з мовою С++, було переведено на віртуальну машину. Насамперед, мова Java проектувалася у якості платформи-незалежної мови, і тому вона має меншу кількість низькорівневих можливостей для виконання безпосередньої роботи на рівні апаратного забезпечення. Мова Java виходить із цієї ситуації за допомогою викликів тих підпрограм, що повинні бути завчасно написані на інших мовах програмування.

Мова Python є мовою програмування високого рівня для загального користування із використанням динамічної типізації та автоматичним керуванням пам'яттю [29]. Ця мова розроблена для підвищення продуктивності роботи розробників програм, зручності орієнтації та прочитування створеного коду програм та підвищення їх якості, а також створення переносимості написаних програм. Мова Python є мовою об'єктно-орієнтованого програмування, у ній все є об'єктами.

Цікавою особливістю мови Python є спосіб виділення блоків коду пропускними відступами. Синтаксис цієї мови максимально спрощений, що на практиці значно зменшує кількість звертань до документації. Мова Python підтримує модулі, а також пакети модулів, що сприяє модульності при формуванні коду та його повторному використанню. Інтерпретатор мови Python та її стандартні бібліотеки доступні у скомпільованій і у вихідній формах на усіх основних платформах. В мові Python підтримується кілька парадигм програмування, у тому числі об'єктно-орієнтована, функціональна, процедурна та аспектно-орієнтована. Сама мова є інтерпретованою та використовується у тому числі для написання скриптів.

Стандартна бібліотека мови Python має значну кількість корисних функцій, починаючи від функціоналу для роботи із текстом та завершуючи засобами для створення мережевих додатків. У бібліотеці мови Python є ряд додаткових можливостей, таких як математичне моделювання, розробка ігор або створення веб-додатків, що можуть бути реалізовані із використанням значної кількості сторонніх бібліотек, створених мовами C або C++.

Інтерпретатор мови Python може бути інтегрований у різні проекти, що створені на цих мовах. Відомий також спеціалізований депозитарій програмного забезпечення PyPI, що сформований спеціально для цієї мови. Він дозволяє здійснювати просту установку пакетів у операційну систему та є стандартом для мови Python.

Написаний мовою C++ код програми є більш продуктивним, чим на мові Python, але займає більше рядків порівняно. Відповідно до досліджень алгоритмів [30], що використовуються у біоінформаційних технологіях, мова Python показала кращі результати порівняно із мовою C++, а мова Java виявилась компромісним рішенням між продуктивністю C++ та зручністю Python. Недоліком мови Python є більш значне використання пам'яті при реалізації написаних на ній програм у порівнянні із скомпільованими мовами, таких як C або C++.

Маючи таку велику кількість позитивних переваг у порівнянні із іншими мовами програмування, вибираємо для створення нашого програмного продукту мову програмування Python.

Бібліотека із відкритим кодом OpenCV на теперішній час являється однією із прекрасних реалізацій значної кількості відомих методів й алгоритмів для розпізнавання образів. Бібліотека OpenSource ComputerVision Library — це бібліотека, яка реалізує значну кількість різних алгоритмів комп'ютерного зору для оброблення цифрових зображень. Із бібліотеки OpenCV програми можуть бути розповсюджуватися на умовах використання ліцензії BSD, що надає вільне застосування у академічних й комерційних цілях [32].

До однієї із основних завдань бібліотеки OpenCV є можливість надання досить зручного та простого в застосуванні інтерфейсу, який розробникам програм дозволить швидко та ефективно реалізовувати різні відомі функції у засобах комп'ютерного зору. Ліцензія для надання можливості використання засобів із бібліотеки OpenCV була сформована таким чином, щоб дозволяти створювати комерційні продукти із застосуванням можливостей OpenCV.

Розробники програмних продуктів не зобов'язані обов'язково надсилати свої нові удосконалення до OpenCV або створювати продукт open-source. Дякуючи таким ліберальним умовам ліцензування у світі з'явилася велика кількість розробників різних програмних засобів із використанням OpenCV, до яких входять програмісти із різних науково-дослідних центрів та різних компаній та організацій.

Засоби бібліотеки OpenCV можуть застосовуватися для виявлення та ідентифікації різних типів об'єктів, виконання їх сегментації, пошуку й розпізнавання у різних умовах спостереження, у тому числі й для пошуку та виділення обличчя людини, для виконання оперативного відстеження переміщення об'єктів у просторі з застосуванням відео-камер спостереження. Бібліотека OpenCV із програмної точки зору є чудовим сховищем високопродуктивних та низьковитратних операцій для виконання завдань по обробленню цифрових зображень. Перераховані можливості бібліотеки

OpenCV надають широкий спектр дій для використання бажаних програм по створенню необхідного програмного продукту по виділенню особи і спостереженню за нею та будуть використані у нашому випадку.

Для розробки засобів по виділенню об'єктів руху та детектування зображення людини, оцінювання впливу параметрів виділеної сцени для обробки на точність результатів роботи алгоритмів пошуку та відстеження пересування осіб були обрані такі сервіси.

Мова програмування Python [35]. Причини вибору цієї мови для створення програмного продукту — ця мова підтримує основні парадигми програмування, які вкрай потрібні для виконання даної магістерської роботи (об'єктно-орієнтоване програмування, функціональне програмування, процедурне програмування), легкий код, що досить просто зчитується, значна кількість корисних бібліотек.

Бібліотека NumPy [36] — це бібліотека у складі мови програмування Python, що додає підтримку для роботи із великими багатовимірними масивами та матрицями, разом із великою бібліотекою високорівневих й математичних функцій для виконання операцій із цими масивами.

Бібліотека OpenCV [34] — це бібліотека алгоритмів комп'ютерного зору, обробки цифрових зображень та чисельних алгоритмів загального призначення із відкритим кодом. Засоби, що можуть використовуватися із цієї бібліотеки: методи виділення та розпізнавання осіб (EigenFaces, FisherFaces, LBPH), для відстеження осіб алгоритм Лукаса-Канаде, алгоритм Віоли-Джонса для здійснення операції детектування осіб (знаходження зображення людини у отриманому відеокадрі).

Бібліотека Dlib [36] — це бібліотека алгоритмів машинного навчання і різних додаткових допоміжних інструментів при створенні програм. Із цієї бібліотеки використовується готова навчена модель ААМ із виділеними ключовими точками для знаходження лицьових точок обличчя людини для подальшого розпізнавання. Бібліотека OpenFace — це відкрита бібліотека для виконання операцій розпізнавання осіб, у якій використовується глибока

нейронна мережа, яка заснована на технології FaceNet. Перераховані засоби та бібліотеки будуть використані при створенні нашого програмного продукту по пошуку, виділенню та відстеженню пересування людини у отриманій сцені спостереження.

3.2 Розробка складу програми відстеження пересування особи

Процес пошуку, виділення та відстеження пересування людини складається із послідовного ряду етапів, для формування яких використовуємо також деякі функції з бібліотек Dlib, OpenCV та NumPy. Ці етапи створюють загальну архітектуру програмного продукту для функціонування системи пошуку, виділення та відстеження пересування людини, яка розроблена в даній магістерській роботі.

Виділення та відстеження пересування людини нашому випадку здійснюється на основі пошуку зони руху та виділення у ній силуету людини або ключових точок обличчя, якими слугують куточки рота, центри зіниць очей людини й вершина носа. Для цього скористаємося вже деякими готовими xml-файлами, в яких міститься необхідна для функціонування нашої програми інформація.

Як вже було підкреслено, бібліотеки Dlib, OpenCV та NumPy працюють із відкритим кодом, так що у них знаходимо значну кількість уже готових рішень для створення нашої програми. Створена програма по виділенню та відстеженню пересування людини сформована на основі мови Python із залученням засобів із бібліотек Dlib, OpenCV та NumPy [35, 36], що дозволяє у певній мірі полегшити процес створення програми завдяки можливостям використання напрацювань із цих бібліотек по обробленню цифрових зображень із виділенням у ньому людини.

Програма пошуку, виділення та відстеження пересування людини працює у режимі реального часу — зображення подаються кадр за кадром з установленної відео камери спостереження, здійснюється їх оброблення відповідно до запропонованої послідовності, і отриманий результат роботи

відображається на екрані монітору користувача. Перед початком роботи необхідно завантажити потрібні для виконання файли з OpenCV у інтерпретації для роботи із мовою Python у вигляді бібліотеки opencv-python (позначається як cv2), а також бібліотеку NumPy. Для виділення кадру із отриманого відео потоку скористаємося функцією VideoStream. Для роботи програми підключимо також матеріал із бібліотеки про нейронні мережі YOLO та конкретної мережі для виділення людини tiny- YOLO, а також базу даних COCO [33] для початкового навчання та налаштування нейронної мережі.

Програмний продукт для відстеження переміщення людини, що розробляється в даній магістерській роботі, складається із таких частин або модулів. Модульність системи дозволить без особливих труднощів замінювати реалізацію того чи іншого алгоритму або зовсім замінити реалізацію одного алгоритму зовсім іншим без внесення істотних змін до структури системи в цілому. Така особливість системи виявлення людини та спостереження за її переміщенням за зображенням особи просто необхідна, оскільки всі системи, що виконують процес відслідковування осіб, часто застосовуються в різних умовах і для отримання найкращого результату, в поставлених умовах, може знадобитися замінити будь-який компонент системи найбільш підходящим.

Модуль отримання кадрів із відео потоку (VideoStream) призначений для захоплення відеозображення з відеокамери та нього покладається задача вилучити послідовність кадрів для аналізу та подальшого виявлення та відстеження пересування людини.

Модуль виявлення руху у спостереженій сцені знаходить такі фрагменти у отриманому кадрі спостереження, де спостерігається рух, виділяє ці фрагменти та передає наступному модулю для опрацювання.

Модуль пошуку та виділення людини (Image sender) виявляє у отриманому фрагменті всіх осіб, що відобразилися на поточному кадрі за допомогою алгоритму по виявленню силуету людини, та відправки наступній підсистемі фрагментів кадру, відповідних знайденим особам. Взаємодія з підсистемою відстеження руху здійснюється за допомогою обміну

повідомленнями. Насамперед має встановити з'єднання. Коли з'єднання встановлено, модуль розпізнавання повинна відправити в першому пакеті інформацію про зображення (розмір, тип: кадр, особа), а в другому — саме зображення.

Модуль відстеження руху та ідентифікації (Portrait identification) грає роль сполучної ланки між усіма компонентами і містить ядро всієї системи. Для взаємодії з підсистемою розпізнавання в підсистемі ідентифікації повинен бути присутнім модуль взаємодії з підсистемою розпізнавання (Image receiver), який відповідає за отримання зображень та передачу їх на подальшу обробку. Після встановлення зв'язку image receiver обробляє інформацію, що надходить від підсистеми розпізнавання — ціле зображення або знайдена особа. Залежно від типу, зображення або відразу передається в підсистему обробки результатів ідентифікації, якщо це цілий кадр, або в модуль нормалізації, якщо це зображення особи.

Наступним етапом розробки системи є модуль нормалізації зображення особи (Normalizer). У більшості випадків зображення для спрощення обробки, якщо воно кольорове, конвертується в відтінки сірого. Також даний модуль повинен виконувати нормалізацію яскравості і контрастності зображення, підбір найбільш відповідного динамічного діапазону для більш точного виділення ключових точок. Нормалізоване зображення передається модулю виділення антропометричних точок.

У модулі виділення антропометричних ключових точок (Points finder adapter) пропонується використовувати алгоритм ASM, реалізований у зовнішній бібліотеці (Points finder). В алгоритмі ASM використовуються активні форми моделі — це статистичні моделі, які ітеративно деформуються, щоб відповідати об'єкту на зображенні, і складаються з моделі форми, керованої набором ключових точок, і моделей розподілу областей навколо кожної точки. Модель форми і моделі розподілу навчаються на тестових зображеннях з зазначеними позиціями ключових точок.

В алгоритмі застосовується «грубо-точний» пошук, для цього необхідно навчити безліч моделей розподілу кожної ключової точки, по одній моделі на кожному рівні роздільної здатності зображення. Пошук починається із зображення в найбільш грубому (низькому) дозволі, далі, в процесі пошуку, роздільна здатність зображення підвищується до тих пір, поки можуть бути поліпшені позиції ключових точок. В результаті роботи алгоритму ASM буде сформовано безліч точок, що відповідають точкам форми обличчя та його основних елементів, що відобразилися на знімку.

Масив виділених антропометричних точок передається модулю формування ознак (Feature extractor). В якості ідентифікаційних ознак повинні виділятися відносно незмінні за ідентифікаційний період характеристики елементів зовнішності. Введення ознак у вигляді відносин певних параметрів особи робить їх інваріантними до масштабу зображення та відстані, з якого робиться фотографія людини. Використання абсолютних значень розмірів особи та її ділянок неприпустимо, оскільки розміри всіх об'єктів на зображенні залежать від відстані до об'єктива камери, значення якого, в загальному випадку, визначити неможливо.

При обчисленні кількісних ознак зовнішності слід дотримуватися ряду вимог. Пропорції розмірів повинні складатися з вимірювань ліній, однаково і приблизно в одній площині розташованих по відношенню до знімальної камери. Внаслідок неможливості точного визначення спотворень, що виникли в результаті довільного ракурсу особи на зображенні, відстань між антропометричними точками, для кожного окремого ознаки, вимірюється тільки по горизонталі або по вертикалі.

На етапі встановлення особи за ознаками зовнішності модуль ідентифікації (Identifier) виконує серію запитів до бази даних для отримання необхідної кількості біометричних портретів зареєстрованих користувачів. Оскільки умови отримання зображення кожен раз дещо відрізняються, а зовнішність людини також не цілком постійна, то слід враховувати той факт, що завжди буде присутня деяка похибка в позиціях виділених

антропометричних точок і відповідно в значеннях ознак. Для того, щоб врахувати зазначену похибку, слід в пошуковий запит включити значення відхилень від значень ідентифікаційних ознак, і при кожному запиті збільшувати відхилення, якщо кількість знайдених користувачів менше заданого.

Практично всі алгоритми ідентифікації ґрунтуються на порівнянні тієї чи іншої міри близькості або подібності між невідомими та відомими особами. Як зворотна міра близькості може бути використана евклідова відстань у просторі ознак. Якщо міра подібності між вектором ознак ідентифікованого людини і еталонного опису зареєстрованого користувача перевищує деяке заздалегідь задане число P , то приймається рішення про відповідність ідентифікованого людини зареєстрованому користувачу.

Якщо міра близькості не перевищує число P , то приймається рішення про те, що в базі даних системи не міститься біометричного портрета людини, що ідентифікується. Очевидно, варіюючи число P , з'являється можливість регулювати ступінь або поріг роботи системи ідентифікації. Теоретично систем розпізнавання це число іноді називають порогом прийняття рішення.

Робота модулів виділення антропометричних ключових точок, формування ознак та розпізнавання покладається на нейронну мережу типу YOLO глибокого навчання, що на основі попередньо виконаних дій здійснює виявлення та розпізнавання людини.

Модуль відстеження пересування створює послідовність кадрів, у яких помічаються виділені силуети людей, що змінюють своє положення у виділеній сцені спостереження.

Модуль обробки результатів ідентифікації (Display) призначений для виконання зумовлених розробниками дій, які залежать від предметної області застосування системи — дозвіл доступу до обчислювальних ресурсів або даних, відкриття дверей в приміщення, що охороняється, оповіщення служби охорони про появу злочинця або менеджера про VIP-клієнта.

У цілому представлена структура програми дозволяє виявляти та відслідковувати пересування людини у отриманій сцені відео спостереження.

3.3 Розробка програми відстеження пересування особи

Завдання виділення та відстеження пересування людини, розпізнавання особи за зображенням її обличчя формувалися та розглядалися ще на початкових етапах розвитку систем комп'ютерного зору. Протягом останніх десятиліть значна кількість різних компаній та організацій активно створюють автоматичні системи розпізнавання й ідентифікації особи за отриманим зображенням її обличчя. У цьому напрямку створення програмних продуктів для пошуку, виділення та ідентифікації обличчя людини та відстеження її переміщення працюють такі фірми, як Google, Hikvision, AGAxioVision, Miros, ImagisTechnologies, Huawei, Securiport, CorelCorporation, ASSA Abloy, Visionics, Cisco та інші. Цими компаніями та різними фірмами створено значну кількість різних програмних продуктів, таких як FaceIt, FaceID, Intelligent Scissors, FaceNet, Face-Intelligent, RandomWalker, TrueFace, Imagis, Epic Solutions, Visionics, Truefaceta інші [17, 20, 24].

У даній роботі розроблено програмний продукт по обробці послідовності відеозображень із метою виділення та відстеження пересування людини у отриманій сцені спостереження. Розроблена програма виконує процес пошуку області руху, знаходження у виділеній сцені людини із використанням методу формування силуету людини та використанням нейронної мережі для ідентифікації людини. Процес пошуку та відстеження пересування людини у отриманій сцені спостереження здійснюється шляхом послідовного аналізу отриманих відеокадрів та відстеження за процесом пересування виділених у отриманій сцені людьми.

Спочатку імпортуємо необхідні для роботи бібліотеки із OpenCV та процеси, дані про нейронну мережу YOLO3, її конфігурацію та ряд коефіцієнтів для її початкового налаштування.

```
import numpy as np
```

```
import VideoStream
import yolov3.config
import yolov3.utils
import cv2
from yolov3.model import YOLO3
from pathlib import Path
```

Для обробки зображення на початковому етапі слід виділити кадри із відео потоку. Спочатку отримуємо відео потік із установленної камери спостереження.

```
video = cv2.VideoCapture("vtest.avi")
```

Потім виділяємо сусідні кадри та присвоюємо їм назви `frame1` та `frame2`. Це необхідно для отримання факту про наявність об'єктів, що змінили своє положення на сусідніх кадрах. Здійснюється пошук такого процесу за рахунок обчислення різниці у цих сусідніх кадрах.

```
ret, frame1 = video.read()
ret, frame2 = video.read()
```

Процес виділення кадрів необхідно виконувати періодично, тому формуємо відповідний цикл обробки отриманого відео потоку.

```
while video.isOpened():
```

Для обчислення різниці між сусідніми кадрами використовуємо метод `cv2.absdiff()` із бібліотеки `OpenCV` із відкритим кодом.

```
difference = cv2.absdiff(frame1, frame2)
```

Конвертуємо зображення із моделі кольорів `BRG`, що використовується у бібліотеці `OpenCV`, у модель `RGB`.

```
rgb_image = frame[:, :, :-1]
```

Оброблення зображення зручніше виконувати у градаціях сірого кольору, тому отриману різницю між значеннями сусідніх кадрів переведемо у відтінки сірого із використанням методу `cv2.cvtColor()`, у якому вкажемо початкову модель кольорів `RGB`, що досить часто використовується при обробці кольорових зображень для розпізнавання обличчя людини.

```
gray = cv2.cvtColor(difference, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
```

Тепер, коли отримано зображення у відтінках сірого кольору, для нього слід виконати розмиття зображення для зменшення дії завад. Для цього скористаємося функцією Гауса, яка реалізована у бібліотеці OpenCV як `cv2.GaussianBlur`. Ця функція приймає ряд початкових значень для свого виконання — розмір початкового зображення, розмір результуючого зображення після оброблення, розмір ядра функції Гауса, стандартні відхилення по осях x та y і тип границі.

```
blur = cv2.GaussianBlur(gray, (5,5), 0)
```

За допомогою використання методу `cv2.threshold()` встановлюємо порогові значення для виявлення руху. Це дозволяє сегментувати фон та передній план та виявити наявність об'єктів, що змінюють своє положення. Метод `cv2.threshold()` приймає такі значення тип зображення, порогове значення для виявлення ефекту руху, мінімальне та максимальне значення `THRESH_BINARY` та `THRESH_BINARY_INV` та тип порогового значення.

```
threshold = cv2.threshold(blur, 20, 255, cv2.THRESH_BINARY)
```

Використовуємо нейронну мережу YOLO3 для виділення людини, що рухається. Для цього попередньо перетворюємо модель мережі із використанням навчальної бібліотеки `keras`.

```
python convert.py= yolov3.cfg yolov3.weights model_data/yolo.h5
```

Створюємо модель нейронної мережу YOLO3 у режимі виводу.

```
model = YOLO3 (mode="inference»,
```

```
model_dir=MODEL_DIR,
```

```
config= YOLO3Config())
```

Завантажуємо попередньо навчену модель.

```
model.load_weights(YOLO3_MODEL_PATH, by_name=True)
```

Передаємо зображення моделі YOLO3 для отримання результату.

```
results = model.detect([rgb_image], verbose=0)
```

Виконуємо розпізнавання та визначення координат об'єктів, використовуючи попередньо знайдений фрагмент зображення із застосуванням

функції `param image_to_process`. По завершенню процесу розпізнавання об'єкта виводимо його зображення із виділеним прямокутником.

```
height, width, depth = image_to_process.shape
blob = cv2.dnn.blobFromImage(image_to_process, 1 / 255, (608, 608), (0, 0, 0), swapRB=True, crop=False)
```

```
class_indexes, class_scores, boxes = ([[] for i in range(3)])
```

```
objects_count = 0
```

Запускаємо процес пошуку об'єктів у отриманому зображенні із використанням виділених фрагментів зображення та вказуємо координати області навколо виділеного об'єкту.

```
for out in outs:
```

```
    for obj in out:
```

```
        scores = obj[5:]
```

```
        if class_score > 0:
```

```
            center_x = int(obj[0] * width)
```

```
            center_y = int(obj[1] * height)
```

```
            box = [center_x - obj_width // 2, center_y - obj_height // 2, obj_width, obj_height]
```

```
            boxes.append(box)
```

Здійснюємо вибірку бажаного зображення.

```
chosen_boxes = cv2.dnn.NMSBoxes(boxes, class_scores, 0.0, 0.4)
```

```
for box_index in chosen_boxes:
```

```
    box_index = box_index[0]
```

```
    class_index = class_indexes[box_index]
```

Малюємо об'єкти, що входять до виділеного класу (у нашому випадку силует знайденої людини, що рухається).

```
    if classes[class_index] in classes_to_look_for:
```

```
        objects_count += 1
```

```
final_image = draw_object_count(image_to_process, objects_count)
```

```
return final_image
```

Для виводу виділеного зображення людини застосовуємо рамку у відповідному вікні.

```
cv2.namedWindow(«YOLO3_Deep_SORT», 0);
cv2.resizeWindow('YOLO3_Deep_SORT', 1024, 768);
cv2.imshow('YOLO3_Deep_SORT', frame)
```

Надалі долучаємо функцію, яка дозволяє навести на знайдених у зображенні об'єктах координати границь, які були отримані із застосуванням `apply_yolo_object_detection`. Для цього використовуємо `param index`, який виводить знайдений із використанням YOLO клас об'єкта. Функція `return` виводить зображення із виділеними об'єктами.

```
def draw_object_bounding_box(image_to_process, index, box):
    x, y, w, h = box
    start = (x, y)
    end = (x + w, y + h)
    color = (0, 255, 0)
    width = 2
    final_image = cv2.rectangle(image_to_process, start, end, color, width)
    return final_image
```

Фільтруємо результати для вставлення рамок на зображеннях людей та виводимо отримані результати аналізу.

```
fase_boxes = get_fase_boxes(r['rois'], r['class_ids'])
Відтворюємо кожену рамку на кадрі.
for box in fase_boxes:
    print("Fase:", box)
    y1, x1, y2, x2 = box
    Малюємо рамку.
    cv2.rectangle(frame, (x1, y1), (x2, y2), (0, 255, 0), 1)
    Виводимо зображення кадру на екран.
    cv2.imshow('Video', frame)
```

Для своєї роботи програма вимагає встановлення на комп'ютері відповідного програмного середовища, а також підключення камери відеоспостереження із налаштованими драйверами та пристрою керування комп'ютером.

У підсумку отримуємо список областей зображення, які містять обличчя людини, для подальшого формування ознак із метою ідентифікації особи. Розроблений програмний код описаних вище методів та класів приведений додатку Б магістерської роботи.

3.4 Оцінка якості запропонованого підходу

Для оцінювання якості роботи запропонованого підходу по відстеженню пересування людини було використано бази даних відео послідовностей переміщення об'єктів [30] та декількох товаришів по групі навчання. Використання підходу по пошуку та виявлення фігури людини у різних просторових ситуаціях було використано для оцінки результатів виконаних досліджень. Щоб провести ці оцінки були використані деякі рекомендації [25].

Головним критерієм тестування створеної програми було виявлення факту знаходження рухомої людини у виділеній сцені спостереження при різній відстані між камерою та людиною. Кількість вірних розпізнавань знаходилася із співвідношення кількості отриманих вірних результатів по виявленню особи, що рухається, до загальної кількості здійснених спроб. Перевірка ефективності роботи програми здійснювалася при різному рівні освітлення, швидкості переміщення, поворотах та розворотах тулуба людини. Запропонований підхід по пошуку та виявлення пересування людини у отриманому відео потоці є досить точним, причому точність його роботи збільшується зі зменшенням відстані між особою, що рухається, та камерою спостереження. Отримані результати проведених досліджень показують, що запропонований підхід по виявленню пересування людини дає досить хороші результати, які у певній мірі є ліпшими при порівнянні із підходами на основі метода із використанням оптичного потоку [18]. Це може бути пояснено тим,

що якість отриманих результатів контролю у нашому випадку є вищою за рахунок введення пошуку об'єкту руху та його подальшої ідентифікації із використанням ознак, що формуються за допомогою нейронної мережі.

У підсумку слід відзначити, що запропонований підхід по пошуку й відстеження за пересуванням людини у відеопотоці можна використати в комп'ютерних системах для спостереження за територією або усередині приміщень для виявлення осіб, що пересуваються.

В даному розділі магістерської роботи проведено вибір інструментальних засобів для створення програми, розроблено структуру програми для виявлення осіб, що пересуваються, розроблено програму для пошуку та виділення пересування людини у отриманій сцені спостереження та здійснено оцінювання роботи запропонованого підходу.

4 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ СТВОРЕННЯ ПРОГРАМИ ВІДСТЕЖЕННЯ ПЕРЕСУВАННЯ ЛЮДИНИ

Науково-технічна розробка має право на існування та впровадження, якщо вона відповідає вимогам часу, як в напрямку науково-технічного прогресу та і в плані економіки. Тому для науково-дослідної роботи необхідно оцінювати економічну ефективність результатів виконаної роботи.

Магістерська кваліфікаційна робота за темою «Біометрична технологія відстеження пересування людини у виділеній сцені спостереження» відноситься до науково-технічних робіт, які орієнтовані на виведення на ринок (або рішення про виведення науково-технічної розробки на ринок може бути прийнято у процесі проведення самої роботи), тобто коли відбувається так звана комерціалізація науково-технічної розробки. Цей напрямок є пріоритетним, оскільки результатами розробки можуть користуватися інші споживачі, отримуючи при цьому певний економічний ефект. Але для цього потрібно знайти потенційного інвестора, який би взявся за реалізацію цього проекту і переконати його в економічній доцільності такого кроку.

Для наведеного випадку нами мають бути виконані такі етапи робіт:

- проведено комерційний аудит науково-технічної розробки, тобто встановлення її науково-технічного рівня та комерційного потенціалу;
- розраховано витрати на здійснення науково-технічної розробки;
- розрахована економічна ефективність науково-технічної розробки у випадку її впровадження і комерціалізації потенційним інвестором і проведено обґрунтування економічної доцільності комерціалізації потенційним інвестором.

4.1 Проведення комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки

Метою проведення комерційного і технологічного аудиту дослідження за темою «Біометрична технологія відстеження пересування людини у виділеній сцені спостереження» є оцінювання науково-технічного рівня та рівня

комерційного потенціалу розробки, створеної в результаті науково-технічної діяльності. Оцінювання науково-технічного рівня розробки та її комерційного потенціалу рекомендується здійснювати із застосуванням 5-ти бальної системи оцінювання за 12-ма критеріями, наведеними в табл. 4.1 [37].

Таблиця 4.1 — Оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії оцінювання та бали (за 5-бальною шкалою)					
Критерій	0	1	2	3	4
Технічна здійсненність концепції:					
1	Достовірність концепції не підтверджена	Концепція підтверджена експертними висновками	Концепція підтверджена розрахунками	Концепція перевірена на практиці	Перевірено роботоздатність продукту в реальних умовах
Ринкові переваги (недоліки):					
2	Багато аналогів на малому ринку	Мало аналогів на малому ринку	Багато аналогів на великому ринку	Один аналог на великому ринку	Продукт не має аналогів на великому ринку
3	Ціна продукту значно вища за ціни аналогів	Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів	Ціна продукту приблизно дорівнює цінам аналогів	Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів	Ціна продукту значно нижче за ціни аналогів
4	Технічні та споживчі властивості продукту значно гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в аналогів
5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати на рівні експлуатаційних витрат аналогів	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в аналогів

Продовження таблиці 4.1

Ринкові перспективи					
6	Ринок малий і не має позитивної динаміки	Ринок малий, але має позитивну динаміку	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою
Практична здійсненність					
7	Активна конкуренція великих компаній на ринку	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкурентів немає
8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти та час на навчання наявних фахівців	Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату	Необхідне незначне навчання фахівців	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї
9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні.	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промисловому комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві
11	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності більше 10-ти років	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності від 3-х до 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років

Закінчення таблиці 4.1

12	Необхідно регламентні документи та велика кількість дозвільних документів на виробництво продукту	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту
----	---	---	---	--	---

Результати оцінювання науково-технічного рівня та комерційного потенціалу науково-технічної розробки потрібно звести до таблиці 4.2. Для оцінювання роботи були залучені експерти, викладачі кафедри ОТ експерт 1 доц. Крупельницький Л. В., експерт 2 доц. Ткаченко О. М. та експерт 3 доц. Семеренко В. П.

Таблиця 4.2 — Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Експерт		
	1	2	3
	Бали:		
1. Технічна здійсненність концепції	5	5	5
2. Ринкові переваги (наявність аналогів)	3	3	4
3. Ринкові переваги (ціна продукту)	4	4	4
4. Ринкові переваги (технічні властивості)	3	4	4
5. Ринкові переваги (експлуатаційні витрати)	3	4	4
6. Ринкові перспективи (розмір ринку)	4	4	3
7. Ринкові перспективи (конкуренція)	3	3	4
8. Практична здійсненність (наявність фахівців)	3	3	3
9. Практична здійсненність (наявність фінансів)	3	4	4
10. Практична здійсненність (необхідність нових матеріалів)	4	4	4
11. Практична здійсненність (термін реалізації)	4	4	4
12. Практична здійсненність (розробка документів)	4	4	3
Сума балів	43	46	46

Закінчення таблиці 4.2

Середньоарифметична сума балів CB_c	45,0
---------------------------------------	------

За результатами розрахунків, наведених в таблиці 4.2, зробимо висновок щодо науково-технічного рівня і рівня комерційного потенціалу розробки. При цьому використаємо рекомендації, наведені в табл. 4.3 [37].

Таблиця 4.3 – Науково-технічні рівні та комерційні потенціали розробки

Середньоарифметична сума балів CB_c , розрахована на основі висновків експертів	Науково-технічний рівень та комерційний потенціал розробки
41...48	Високий
31...40	Вище середнього
21...30	Середній
11...20	Нижче середнього
0...10	Низький

Згідно проведених досліджень рівень комерційного потенціалу розробки за темою «Біометрична технологія відстеження пересування людини у виділеній сцені спостереження» становить 45,0 балів, що, відповідно до таблиці 4.3, свідчить про комерційну важливість проведення даних досліджень (рівень комерційного потенціалу розробки високий).

Аналіз даних ресурсу, на якому представлені отримані при тестуванні результати на запропонованих відео послідовність і метрика для оцінки ефективності алгоритмів супроводу множини об'єктів, показує, що найбільш ефективним є метод супроводу через виявлення. Цей підхід використовує ансамбль з детектора об'єктів і алгоритму для об'єднання результатів виявлень на двох кадрах. Ефективне вирішення проблеми об'єднання дозволяє коректно співвідносити результати виявлення різних об'єктів і формувати стійкі траєкторії руху для кожного з них.

В дослідженні використовувались методи теорії множин для формування множини ознак для відстеження пересування людини, методи диференційного

числення для виділенню граничних контурів зіниць очей людини, методи математичної статистики для виконання аналізу отриманих результатів розпізнавання. У роботі використано принципи об'єктно-орієнтованого програмування для реалізації запропонованого підходу.

Програмний продукт для відстеження переміщення людини складається із основних модулів — модуль отримання кадрів із відео потоку (VideoStream), модуль виявлення руху у спостереженій сцені, модуль пошуку та виділення людини (Imagesender), модуль відстеження руху та ідентифікації (Portraitidentification), модуль нормалізації зображення особи (Normalizer), модуль виділення антропометричних ключових точок (Pointsfinderadapter); модуль формування ознак (Featureextractor), модуль ідентифікації (Identifier), модуль обробки результатів ідентифікації (Display). Модульність системи дозволить без особливих труднощів замінювати реалізацію того чи іншого алгоритму або зовсім замінити реалізацію одного алгоритму зовсім іншим без внесення істотних змін до структури системи в цілому. Така особливість системи виявлення людини та спостереження за її переміщенням за зображенням особи просто необхідна, оскільки всі системи, що виконують процес відслідковування осіб, часто застосовуються в різних умовах і для отримання найкращого результату, в поставлених умовах, може знадобитися замінити будь-який компонент системи найбільш підходящим.

4.2 Оцінювання рівня новизни розробки

Виводячи на ринок новинку виробник вважає, що тієї новизни, якою наділена нова розробка є достатньо для того, щоб вона була сприйнята споживачем як нова. Але це не завжди так, в силу того, що споживач і виробник неоднозначно визначають її рівень новизни. Тому доцільним є визначення рівня новизни розробки отриманої в результаті досліджень за темою «Біометрична технологія відстеження пересування людини у виділеній сцені спостереження».

Саме визначення рівня і ступеня інтегральної новизни є найбільш актуальним, оскільки її рівень визначає ступінь однакового позитивного

сприйняття новизни розробки як виробником, так і споживачем, а отже і ринком в цілому, а це, у свою чергу, є гарантією того, що новинка знайде своє місце на ринку, користуватиметься попитом у споживачів і забезпечить відшкодування витрат, зазначених товаровиробником під час розроблення та виробництва технічної розробки [38].

Рівень новизни нової продукції розраховуємо експертним методом шляхом протиставлення нової продукції та її аналогів, що існують в даний час на ринку, за чинниками що визначають її значення, в системі «краще-гірше». Рівень новизни встановлюємо відносно рівня аналога (або продукту, що досить близький до аналога).

Для визначення *i*-го виду новизни, застосуємо чинники, які впливають на її рівень. Кожен чинник *i*-го виду новизни розраховуємо в балах. Більша кількість набраних балів свідчить про більший рівень новизни. Для оцінювання рівня новизни використаємо думки експертів, які встановлюють визначені бали відповідним чинникам. Бал відповідності проставляється в діапазоні від (-5 – значно гірше аналога до +5 – значно краще аналога). Результати попереднього оцінювання зведемо до відповідного листа оцінювання (таблиця 4.4).

Таблиця 4.4 – Лист оцінювання рівня новизни експертами

Види та чинники		Бали та експерти		
		Експерт 1	Експерт 2	Експерт 3
<i>I</i>		2	3	4
Споживча новизна	Питома вага 0,24	Максимальний бал B_{iMAX}		25
1. Зміна поведінкових звичок споживача		4	5	4
2. Ступінь задоволення потреб і запитів		5	4	4
3. Спосіб задоволення потреби		3	3	4
4. Формування нової потреби		1	1	2
5. Формування нового споживача		0	0	0
Середній бал експертів B_{iexp}		13		
Товарна новизна	Питома вага 0,202	Максимальний бал B_{iMAX}		30
1. Параметричні зміни показників продукції				
1.1. Якісні		3	4	3
1.2. Технічні		4	4	3
1.3. Економічні		3	3	3
1.4. Сервісні		4	4	4

Продовження таблиці 4.4

2. Якість продукції по відношенню до конкурентів		3	3	3
3. Функціональні зміни		3	3	3
Середній бал експертів B_{iomp}		20		
Виробнича новизна	Питома вага 0,042	Максимальний бал B_{iMAX}		25
1. Рівень унікальності товару для підприємства		5	5	5
2. Рівень унікальності для галузі		3	4	3
3. Рівень унікальності товару для країни		1	1	1
4. Зміна виробничої системи		4	4	4
5. Відносно існуючого асортименту		2	2	2
Середній бал експертів B_{iomp}		15		
Прогресивна новизна	Питома вага 0,2	Максимальний бал B_{iMAX}		25
1. Зміна технології виготовлення		4	4	4
2. Рівень застосування нових компонентів і матеріалів		1	2	1
3. Зміна технологічного принципу дії виробу		1	2	1
4. Зміна конструктивного виконання		3	2	3
5. Рівень застосування інновацій		2	2	2
Середній бал експертів B_{iomp}		11		
Ринкова новизна	Питома вага 0,1	Максимальний бал B_{iMAX}		20
1. Новий виріб на новому ринку		0	0	0
2. Новий виріб на відомому ринку		2	2	2
3. Модернізований виріб		2	2	2
4. Нова модель		1	2	2
Середній бал експертів B_{iomp}		6		
Екологічна новизна	Питома вага 0,035	Максимальний бал B_{iMAX}		20
1. Рівень екологічності чистоти технології виробництва		5	5	5
2. Рівень впровадження мало- та безвідходних технологій		5	5	5
3. Рівень екологічно небезпечних режимів експлуатації продукції		5	5	5
4. Рівень забруднення навколишнього середовища		5	5	5
Середній бал експертів B_{iomp}		20		
Соціальна новизна	Питома вага 0,036	Максимальний бал B_{iMAX}		20
1. Використання нового товару приводить до покращення стану здоров'я нації		0	0	0
2. Використання нового товару приводить до зростання доходів населення		0	0	0
3. Виробництво нового товару приводить до збільшення (зменшення) кількості робочих місць на підприємстві		4	5	4
4. Виробництво нового товару приводить до підвищення кваліфікації персоналу		3	3	3
Середній бал експертів B_{iomp}		7		
Маркетингова новизна	Питома вага 0,145	Максимальний бал B_{iMAX}		20
1. Нові методи маркетингових досліджень		0	0	0

Закінчення таблиці 4.4

2. Вживання нових стратегій сегментації ринку	3	3	3
3. Вибір нової маркетингової стратегії обхвату і розвитку цільового сегмента	2	3	2
4. Побудова нових каналів збуту	0	1	1
Середній бал експертів B_{iomp}	6		

Значення i -го виду новизни розрахуємо за формулою (4.1) [38]:

$$I_i = \frac{B_{iomp}}{B_{iMAX}}, \quad (4.1)$$

де B_{iomp} — отримана кількість балів за шкалою оцінок чинників, що визначають i -й вид новизни;

B_{iMAX} — максимальна кількість балів, що може бути отримана за i -м видом новизни.

Загальний рівень інтегральної новизни розраховуємо шляхом перемноження отриманого значення i -го виду новизни на її вагомість, причому вагомість i -го виду новизни визначаємо експертним методом, за формулою (4.2) [38]:

$$N_{inm} = \sum_i^n W_i \cdot I_i, \quad (4.2)$$

де N_{inm} — рівень інтегральної (сукупної) новизни;

W_i — вагомість (питома вага) i -го виду новизни;

n — загальна кількість видів новизни.

$$N_{inm} = (0,24 \cdot 13/25) + (0,202 \cdot 20/30) + (0,042 \cdot 15/25) + (0,2 \cdot 11/25) + (0,1 \cdot 6/20) + (0,035 \cdot 20/20) + (0,036 \cdot 7/20) + (0,145 \cdot 6/20) = 0,499.$$

Отримане значення інтегрального рівня новизни зіставляємо зі шкалою, що наведена в табл. 4.5 [37].

Таблиця 4.5 — Рівні новизни нового товару та їхня характеристика

Рівні новизни товару	Значення інтегральної новизни	Характеристика товару	Вид нового товару
Найвища	1,00	Абсолютно новий товар	Новий товар, що наділений ознаками інноваційності (інноваційний товар)
Висока	0,8...0,99	Товар, який не має аналогів	
Значуща	0,6...0,79	Принципова зміна споживчих властивостей товару	
Достатня	0,4...0,59	Принципова технологічна модифікація товару	
Незначна	0,2...0,39	Кардинальна зміна параметрів	Новий товар
Помилкова	0,00...0,19	Малоістотна модифікація	

Згідно таблиці 4.5 розробка відповідає рівню при значенні інтегральної новизни 0,499 — достатня новизн, за характеристикою — принципова технологічна модифікація програмного забезпечення; вид розробки — новий товар, що наділений ознаками інноваційності (інноваційний товар).

4.3 Розрахунок витрат на проведення науково-дослідної роботи

Витрати, пов'язані з проведенням науково-дослідної роботи на тему «Біометрична технологія відстеження пересування людини у виділеній сцені спостереження», під час планування, обліку і калькулювання собівартості науково-дослідної роботи групуємо за відповідними статтями.

4.3.1 Витрати на оплату праці

До статті «Витрати на оплату праці» належать витрати на виплату основної та додаткової заробітної плати керівникам відділів, лабораторій, секторів і груп, науковим, інженерно-технічним працівникам, конструкторам, технологам, креслярам, копіювальникам, лаборантам, робітникам, студентам, аспірантам та іншим працівникам, безпосередньо зайнятим виконанням конкретної теми, обчисленої за посадовими окладами, відрядними розцінками, тарифними ставками згідно з чинними в організаціях системами оплати праці.

Основна заробітна плата дослідників

Витрати на основну заробітну плату дослідників (Z_o) розраховуємо у відповідності до посадових окладів працівників, за формулою (4.3) [37]:

$$Z_o = \sum_{i=1}^k \frac{M_{ni} \cdot t_i}{T_p}, \quad (4.3)$$

де k — кількість посад дослідників залучених до процесу досліджень;

M_{ni} — місячний посадовий оклад конкретного дослідника, грн;

t_i — число днів роботи конкретного дослідника, дн.;

T_p — середнє число робочих днів в місяці, $T_p=24$ дні.

$$Z_o = 13280,00 \cdot 37 / 24 = 20473,33 \text{ (грн.)}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 — Витрати на заробітну плату дослідників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн	Оплата за робочий день, грн	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн
Керівник проекту	13280,00	553,33	37	20473,33
Інженер-розробник програмного забезпечення	12250,00	510,42	28	14291,67
Науковий співробітник з дослідження біометричних характеристик людини	12500,00	520,83	10	5208,33
Технік	7250,00	302,08	5	1510,42
Всього				41483,75

Основна заробітна плата робітників

Витрати на основну заробітну плату робітників (Z_p) за відповідними найменуваннями робіт НДР на тему «Біометрична технологія відстеження пересування людини у виділеній сцені спостереження» розраховуємо за формулою (4.4):

$$Z_p = \sum_{i=1}^n C_i \cdot t_i, \quad (4.4)$$

де C_i — погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, за виконану відповідну роботу, грн/год;

t_i — час роботи робітника при виконанні визначеної роботи, год.

Погодинну тарифну ставку робітника відповідного розряду C_i можна визначити за формулою (4.5):

$$C_i = \frac{M_M \cdot K_i \cdot K_c}{T_p \cdot t_{зм}}, \quad (4.5)$$

де M_M — розмір прожиткового мінімуму працездатної особи, або мінімальної місячної заробітної плати (в залежності від діючого законодавства), прийmemo $M_M=2379,00$ грн;

K_i — коефіцієнт міжкваліфікаційного співвідношення для встановлення тарифної ставки робітнику відповідного розряду (табл. Б.2, додаток Б) [37];

K_c — мінімальний коефіцієнт співвідношень місячних тарифних ставок робітників першого розряду з нормальними умовами праці виробничих об'єднань і підприємств до законодавчо встановленого розміру мінімальної заробітної плати.

T_p — середнє число робочих днів в місяці, приблизно $T_p = 24$ дн;

$t_{зм}$ — тривалість зміни, год.

$$C_i = 2379,00 \cdot 1,10 \cdot 1,65 / (24 \cdot 8) = 22,49 \text{ (грн.)}$$

$$З_{pl} = 22,49 \cdot 8,20 = 184,41 \text{ (грн.)}$$

Розрахунки витрат на основну заробітну плату робітників у таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування робіт	Тривалість роботи, год	Розряд роботи	Тарифний коефіцієнт	Погодинна тарифна ставка, грн	Величина оплати на робітника, грн
Установка електронно-обчислювального обладнання	8,20	2	1,10	22,49	184,41

Закінчення таблиці 4.7

Підготовка робочого місця розробника програмного забезпечення	4,32	2	1,10	22,49	97,15
Інсталяція програмного забезпечення аналізу відеозображень	8,00	5	1,70	34,76	278,05
Формування дослідної бази даних відеозображень (сцени з відповідними характеристиками)	12,00	2	1,10	22,49	269,87
Налагодження програмних модулів	5,60	5	1,70	34,76	194,63
Монтаж серверного обладнання	11,00	5	1,70	34,76	382,31
Тренування нейронної мережі	20,00	4	1,50	30,67	613,34
Тестування системи	8,00	2	1,10	22,49	179,91
Всього					2199,67

Додаткова заробітна плата дослідників та робітників

Додаткову заробітну плату розраховуємо як 10 ... 12% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою (4.6):

$$Z_{\text{дод}} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{\text{дод}}}{100\%}, \quad (4.6)$$

де $H_{\text{дод}}$ — норма нарахування додаткової заробітної плати, приймемо 10%.

$$Z_{\text{дод}} = (41483,75 + 2199,67) \cdot 10 / 100\% = 4368,34 \text{ (грн.)}$$

4.3.2 Відрахування на соціальні заходи

Нарахування на заробітну плату дослідників та робітників розраховуємо як 22% від суми основної та додаткової заробітної плати дослідників і робітників за формулою (4.7):

$$Z_n = (Z_o + Z_p + Z_{\text{доо}}) \cdot \frac{H_{zn}}{100\%} \quad (4.7)$$

де H_{zn} — норма нарахування на заробітну плату, приймаємо 22%.

$$Z_n = (41483,75 + 2199,67 + 4368,34) \cdot 22 / 100\% = 10571,39 \text{ (грн.)}$$

4.3.3 Сировина та матеріали

До статті «Сировина та матеріали» належать витрати на сировину, основні та допоміжні матеріали, інструменти, пристрої та інші засоби і предмети праці, які придбані у сторонніх підприємств, установ і організацій та витрачені на проведення досліджень за темою «Біометрична технологія відстеження пересування людини у виділеній сцені спостереження». Витрати на матеріали (M), у вартісному вираженні розраховуються окремо по кожному виду матеріалів за формулою (4.8):

$$M = \sum_{j=1}^n H_j \cdot C_j \cdot K_j - \sum_{j=1}^n B_j \cdot C_{ej}, \quad (4.8)$$

де H_j – норма витрат матеріалу j -го найменування, кг;

n – кількість видів матеріалів;

C_j – вартість матеріалу j -го найменування, грн/кг;

K_j – коефіцієнт транспортних витрат, ($K_j = 1,1 \dots 1,15$);

B_j – маса відходів j -го найменування, кг;

C_{ej} – вартість відходів j -го найменування, грн/кг.

$$M_1 = 3,00 \cdot 99,00 \cdot 1,1 - 0,000 \cdot 0,00 = 326,70 \text{ (грн.)}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці 4.8.

Таблиця 4.8– Витрати на матеріали

Найменування матеріалу, марка, тип, сорт	Ціна за 1 кг, грн	Норма витрат, кг	Величина відходів, кг	Ціна відходів, грн/кг	Вартість витраченого матеріалу,

Закінчення таблиці 4.8

Офісний папір 500-80	99,00	3,00	0,000	0,00	326,70
Папір для записів А5	49,00	4,00	0,000	0,00	215,60
Органайзер офісний Office	211,00	3,00	0,000	0,00	696,30
Канцелярське приладдя (набір офісного працівника)	178,00	5,00	0,000	0,00	979,00
Картридж для принтера Canon LBP	912,00	1,00	0,000	0,00	1003,20
Дископтический Optivisio CD-RW	11,10	3,00	0,000	0,00	36,63
Flesh-пам'ять DATA 16 GB	109,00	1,00	0,000	0,00	119,90
Тека для паперів	90,00	3,00	0,000	0,00	297,00
Всього					3674,33

4.3.4 Розрахунок витрат на комплектуючі

Витрати на комплектуючі (K_e), які використовують при проведенні НДР на тему «Біометрична технологія відстеження пересування людини у виділеній сцені спостереження» відсутні.

4.3.5 Спецустаткування для наукових (експериментальних) робіт

До статті «Спецустаткування для наукових (експериментальних) робіт» належать витрати на виготовлення та придбання спецустаткування необхідного для проведення досліджень, також витрати на їх проектування, виготовлення, транспортування, монтаж та встановлення.

Балансову вартість спецустаткування розраховуємо за формулою (4.9):

$$B_{\text{спец}} = \sum_{i=1}^k C_i \cdot C_{\text{пр.}i} \cdot K_i, \quad (4.9)$$

де C_i — ціна придбання одиниці спецустаткування даного виду, марки, грн;

$C_{np.i}$ — кількість одиниць устаткування відповідного найменування, які придбані для проведення досліджень, шт.;

K_i — коефіцієнт, що враховує доставку, монтаж, налагодження устаткування тощо, ($K_i = 1,10 \dots 1,12$);

k — кількість найменувань устаткування.

$$V_{\text{спец}} = 26394,00 \cdot 1 \cdot 1,11 = 29297,34 \text{ (грн.)}$$

Отримані результати зведемо до таблиці 4.9:

Таблиця 4.9 – Витрати на придбання спецустаткування по кожному виду

Найменування устаткування	Кількість, шт	Ціна за одиницю, грн	Вартість, грн
Серверне обладнання на основі ПК EVEREST PC 13430U i5 9400F	1	26394,00	29297,34
Комплект IP-камер фіксації відеозображення	1	7605,00	8441,55
Всього			37738,89

4.3.6 Програмне забезпечення для наукових (експериментальних) робіт

До статті «Програмне забезпечення для наукових (експериментальних) робіт» належать витрати на розробку та придбання спеціальних програмних засобів і програмного забезпечення, (програм, алгоритмів, баз даних) необхідних для проведення досліджень, також витрати на їх проектування, формування та встановлення.

Балансову вартість програмного забезпечення, що використовується при створенні програмного продукту розраховуємо за формулою (4.10):

$$V_{npz} = \sum_{i=1}^k C_{inpg} \cdot C_{npz.i} \cdot K_i, \quad (4.10)$$

де C_{inpg} — ціна придбання одиниці програмного засобу даного виду, грн;

$C_{\text{прг.}i}$ — кількість одиниць програмного забезпечення відповідного найменування, які придбані для проведення досліджень, шт.;

K_i — коефіцієнт, що враховує інсталяцію, налагодження програмного засобу тощо, ($K_i = 1, 10 \dots 1, 12$);

k — кількість найменувань програмних засобів.

$$V_{\text{прг}} = 9840,00 \cdot 1 \cdot 1,11 = 10922,40 \text{ (грн.)}$$

Отримані результати зведемо до таблиці 4.10:

Таблиця 4.10 – Витрати на придбання програмних засобів по кожному виду

Найменування програмного засобу	Кількість, шт	Ціна за одиницю, грн	Вартість, грн
Пакет імітаційного моделювання	1	9840,00	10922,40
Пакет прикладного інженерного математичного моделювання MatchLab 15 pro	1	7568,00	8400,48
Програмне забезпечення обробки відеозображень	1	6990,00	7758,90
Всього			27081,78

4.3.7 Амортизація обладнання, програмних засобів та приміщень

В спрощеному вигляді амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання, приміщень та програмному забезпеченню тощо, розраховуємо з використанням прямолінійного методу амортизації за формулою (4.11):

$$A_{\text{обл}} = \frac{Ц_{\text{б}}}{T_{\text{г}}} \cdot \frac{t_{\text{вик}}}{12}, \quad (4.11)$$

де $Ц_{\text{б}}$ — балансова вартість обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, які використовувались для проведення досліджень, грн;

$t_{\text{вик}}$ — термін використання обладнання, програмних засобів, приміщень під час досліджень, місяців;

T_e — строк корисного використання обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, років.

$$A_{\text{обл}} = (31750,00 \cdot 2) / (3 \cdot 12) = 1763,89 \text{ (грн.)}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці 4.11.

Таблиця 4.11 – Амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн	Строк корисного використання, років	Термін використання обладнання, місяців	Амортизаційні відрахування, грн
Персональний комп'ютер	31750,00	3	2	1763,89
Робоче місце розробника програмного забезпечення	7370,00	5	2	245,67
Пристрої виводу інформації	6540,00	4	2	272,50
Оргтехніка	8390,00	4	2	349,58
Приміщення лабораторії	196500,00	25	2	1310,00
ОС Windows 10	5450,00	2	2	454,17
Прикладний пакет Microsoft Office 2016	3795,00	2	2	316,25
Всього				4712,06

4.3.8 Паливо та енергія для науково-виробничих цілей

Витрати на силову електроенергію (B_e) розраховуємо за формулою (4.12):

$$B_e = \sum_{i=1}^n \frac{W_{yi} \cdot t_i \cdot \zeta_e \cdot K_{\text{ені}}}{\eta_i}, \quad (4.12)$$

де W_{yi} — встановлена потужність обладнання на визначеному етапі розробки, кВт;

t_i — тривалість роботи обладнання на етапі дослідження, год;

C_e — вартість 1 кВт-години електроенергії, грн; (вартість електроенергії визначається за даними енергопостачальної компанії), прийmemo $C_e = 4,50$ грн;

K_{eni} — коефіцієнт, що враховує використання потужності, $K_{eni} < 1$;

η_i — коефіцієнт корисної дії обладнання, $\eta_i < 1$.

$$V_e = 0,45 \cdot 300,0 \cdot 4,50 \cdot 0,95 / 0,97 = 607,50 \text{ (грн.)}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці 4.12.

Таблиця 4.12– Витрати на електроенергію

Найменування обладнання	Встановлена потужність, кВт	Тривалість роботи, год	Сума, грн
Персональний комп'ютер	0,45	300,0	607,50
Робоче місце розробника програмного забезпечення	0,15	240,0	162,00
Пристрої виводу інформації	0,03	30,0	4,05
Оргтехніка	0,70	7,5	23,63
Серверне обладнання на основі ПК EVEREST PC 13430U i5 9400F	0,65	240,0	702,00
Комплект IP-камер фіксації відеозображення	0,05	240,0	54,00
Всього			1553,18

4.3.9 Службові відрядження

До статті «Службові відрядження» дослідної роботи на тему «Біометрична технологія відстеження пересування людини у виділеній сцені спостереження» належать витрати на відрядження штатних працівників, працівників організацій, які працюють за договорами цивільно-правового характеру, аспірантів, зайнятих розробленням досліджень, відрядження, пов'язані з проведенням випробувань машин та приладів, а також витрати на відрядження на наукові з'їзди, конференції, наради, пов'язані з виконанням конкретних досліджень.

Витрати за статтею «Службові відрядження» розраховуємо як 20...25% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою (4.13):

$$B_{cv} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{cv}}{100\%}, \quad (4.13)$$

де H_{cv} — норма нарахування за статтею «Службові відрядження», прийmemo $H_{cv} = 20\%$.

$$B_{cv} = (41483,75 + 2199,67) \cdot 20 / 100\% = 8736,68 \text{ (грн.)}$$

4.3.10 Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації

Витрати за статтею «Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації» розраховуємо як 30...45% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою (4.14):

$$B_{cn} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{cn}}{100\%}, \quad (4.14)$$

де H_{cn} — норма нарахування за статтею «Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації», прийmemo $H_{cn} = 30\%$.

$$B_{cn} = (41483,75 + 2199,67) \cdot 30 / 100\% = 13105,03 \text{ (грн.)}$$

4.3.11 Інші витрати

До статті «Інші витрати» належать витрати, які не знайшли відображення у зазначених статтях витрат і можуть бути віднесені безпосередньо на собівартість досліджень за прямими ознаками.

Витрати за статтею «Інші витрати» розраховуємо як 50...100% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою (4.15):

$$I_{\text{в}} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{\text{ив}}}{100\%}, \quad (4.15)$$

де $H_{\text{ив}}$ — норма нарахування за статтею «Інші витрати», прийmemo $H_{\text{ив}} = 55\%$.

$$I_{\text{в}} = (41483,75 + 2199,67) \cdot 55 / 100\% = 24025,88 \text{ (грн.)}$$

4.3.12 Накладні (загально виробничі) витрати

До статті «Накладні (загально виробничі) витрати» належать: витрати, пов'язані з управлінням організацією; витрати на винахідництво та раціоналізацію; витрати на підготовку (перепідготовку) та навчання кадрів; витрати, пов'язані з набором робочої сили; витрати на оплату послуг банків; витрати, пов'язані з освоєнням виробництва продукції; витрати на науково-технічну інформацію та рекламу та ін.

Витрати за статтею «Накладні (загально виробничі) витрати» розраховуємо як 100...150% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою (4.16):

$$B_{\text{нзв}} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{\text{нзв}}}{100\%}, \quad (4.16)$$

де $H_{\text{нзв}}$ — норма нарахування за статтею «Накладні (загально виробничі) витрати», прийmemo $H_{\text{нзв}} = 115\%$.

$$B_{\text{нзв}} = (41483,75 + 2199,67) \cdot 115 / 100\% = 50235,93 \text{ (грн.)}$$

Витрати на проведення науково-дослідної роботи на тему «Біометрична технологія відстеження пересування людини у виділеній сцені спостереження» розраховуємо як суму всіх попередніх статей витрат за формулою (4.17):

$$B_{\text{заг}} = Z_o + Z_p + Z_{\text{дод}} + Z_{\text{н}} + M + K_{\text{в}} + B_{\text{спец}} + B_{\text{прз}} + A_{\text{обл}} + B_{\text{е}} + B_{\text{св}} + B_{\text{сп}} + I_{\text{в}} + B_{\text{нзв}}. \quad (4.17)$$

$$B_{\text{заг}} = 41483,75 + 2199,67 + 4368,34 + 10571,38716 + 3674,33 + 0,00 + 37738,89 + 27081,78 + 4712,06 + 1553,18 + 8736,68 + 13105,03 + 24025,88 + 50235,93 = 229486,90 \text{ (грн.)}$$

Загальні витрати ZB на завершення науково-дослідної (науково-технічної) роботи та оформлення її результатів розраховується за формулою (4.18):

$$ZB = \frac{B_{\text{заг}}}{\eta}, \quad (4.18)$$

де η - коефіцієнт, який характеризує етап (стадію) виконання науково-дослідної роботи, прийmemo $\eta=0,9$.

$$ZB = 229486,90 / 0,9 = 254985,44 \text{ (грн.)}$$

4.4 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки при її можливій комерціалізації потенційним інвестором

В ринкових умовах узагальнюючим позитивним результатом, що його може отримати потенційний інвестор від можливого впровадження результатів цієї чи іншої науково-технічної розробки, є збільшення у потенційного інвестора величини чистого прибутку.

Результати дослідження проведені за темою «Біометрична технологія відстеження пересування людини у виділеній сцені спостереження» передбачають комерціалізацію протягом 4-х років реалізації на ринку.

В цьому випадку майбутній економічний ефект буде формуватися на основі таких даних.

ΔN — збільшення кількості споживачів продукту, у періоди часу, що аналізуються, від покращення його певних характеристик (таблиця 4.13).

Таблиця 4.13 — Зростання кількості споживачів

Показник	1-й рік	2-й рік	3-й рік	4-й рік
Збільшення кількості споживачів, осіб	1000	2500	3500	1000

N — кількість споживачів які використовували аналогічний продукту році до впровадження результатів нової науково-технічної розробки, прийmemo 8000 осіб;

C_o — вартість програмного продукту у році до впровадження результатів розробки, прийmemo 6000,00 грн;

$\pm\Delta C_o$ — зміна вартості програмного продукту від впровадження результатів науково-технічної розробки, прийmemo 500,00 грн.

Можливе збільшення чистого прибутку у потенційного інвестора $\Delta\Pi_i$ для кожного із 4-х років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки, розраховуємо за формулою (4.19) [37]:

$$\Delta\Pi_i = (\pm\Delta C_o \cdot N + C_o \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot \left(1 - \frac{\mathcal{G}}{100}\right), \quad (4.19)$$

де λ — коефіцієнт, який враховує сплату потенційним інвестором податку на додану вартість, у 2021 році ставка податку на додану вартість складає 20%, а коефіцієнт $\lambda = 0,8333$;

ρ — коефіцієнт, який враховує рентабельність інноваційного продукту).
Прийmemo $\rho = 25\%$;

\mathcal{G} — ставка податку на прибуток, який має сплачувати потенційний інвестор, у 2021 році $\mathcal{G} = 18\%$.

Збільшення чистого прибутку 1-го року:

$$\Delta\Pi_1 = (500,00 \cdot 8000,00 + 6500,00 \cdot 1000) \cdot 0,83 \cdot 0,25 \cdot (1 - 0,18/100\%) = 1786575,00 \text{ (грн.)}$$

Збільшення чистого прибутку 2-го року:

$$\Delta\Pi_2 = (500,00 \cdot 8000,00 + 6500,00 \cdot 3500) \cdot 0,83 \cdot 0,25 \cdot (1 - 0,18/100\%) = 4551512,50 \text{ (грн.)}$$

Збільшення чистого прибутку 3-го року:

$$\Delta\Pi_3 = (500,00 \cdot 8000,00 + 6500,00 \cdot 7000) \cdot 0,83 \cdot 0,25 \cdot (1 - 0,18/100\%) = 8422425,00 \text{ (грн.)}$$

Збільшення чистого прибутку 4-го року:

$$\Delta\Pi_4 = (500,00 \cdot 8000,00 + 6500,00 \cdot 8000) \cdot 0,83 \cdot 0,25 \cdot (1 - 0,18/100\%) = 9528400,00 \text{ (грн.)}$$

Приведена вартість збільшення всіх чистих прибутків $\Pi\Pi$, що їх може отримати потенційний інвестор від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки (формула 4.20):

$$\Pi\Pi = \sum_{i=1}^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1 + \tau)^t}, \quad (4.20)$$

де $\Delta\Pi_i$ — збільшення чистого прибутку у кожному з років, протягом яких виявляються результати впровадження науково-технічної розробки, грн;

T — період часу, протягом якого очікується отримання позитивних результатів від впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки, роки;

τ — ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні, $\tau = 0,11$;

t — період часу (в роках) від моменту початку впровадження науково-технічної розробки до моменту отримання потенційним інвестором додаткових чистих прибутків у цьому році.

$$\begin{aligned} \Pi\Pi &= 1786575,00/(1+0,11)^1 + 4551512,50/(1+0,11)^2 + 8422425,00/(1+0,11)^3 + \\ &+ 9528400,00/(1+0,11)^4 = 1609527,03 + 3694109,65 + 6158404,57 + 6276652,21 = 17738693,46 \text{ (грн.)} \end{aligned}$$

Величина початкових інвестицій PV , які потенційний інвестор має вкласти для впровадження і комерціалізації науково-технічної розробки розраховуються за формулою (4.21):

$$PV = k_{инв} \cdot 3B, \quad (4.21)$$

де $k_{инв}$ — коефіцієнт, що враховує витрати інвестора на впровадження науково-технічної розробки та її комерціалізацію, приймаємо $k_{инв} = 1,5$;

$ЗВ$ — загальні витрати на проведення науково-технічної розробки та оформлення її результатів, приймаємо 254985,44 грн.

$$PV = k_{инв} \cdot ЗВ = 1,5 \cdot 254985,44 = 382478,16 \text{ (грн.)}$$

Абсолютний економічний ефект $E_{абс}$ для потенційного інвестора від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки становитиме формула (4.22):

$$E_{абс} = ПП - PV \quad (4.22)$$

де $ПП$ — приведена вартість зростання всіх чистих прибутків від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки, 17738693,46 грн;

PV — теперішня вартість початкових інвестицій, 382478,16 грн.

$$E_{абс} = ПП - PV = 17738693,46 - 382478,16 = 17356215,30 \text{ (грн.)}$$

Внутрішня економічна дохідність інвестицій E_{δ} , які можуть бути вкладені потенційним інвестором у впровадження та комерціалізацію науково-технічної розробки (формула 4.23):

$$E_{\delta} = T_{ж} \sqrt[4]{1 + \frac{E_{абс}}{PV}} - 1, \quad (4.23)$$

де $E_{абс}$ — абсолютний економічний ефект вкладених інвестицій, 17356215,30 грн;

PV — теперішня вартість початкових інвестицій, 382478,16 грн;

$T_{ж}$ — життєвий цикл науково-технічної розробки, тобто час від початку її розробки до закінчення отримання позитивних результатів від її впровадження, 4 роки.

$$E_{\delta} = T_{ж} \sqrt[4]{1 + \frac{E_{абс}}{PV}} - 1 = (1 + 17356215,30 / 382478,16)^{1/4} = 1,61.$$

Мінімальну внутрішню економічну дохідність вкладених інвестицій τ_{min} обчислюємо за формулою (4.24):

$$\tau_{min} = d + f, \quad (4.24)$$

де d — середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2021 році в Україні $d = 0,1$;

f — показник, що характеризує ризикованість вкладення інвестицій, приймемо 0,27.

$\tau_{min} = 0,1 + 0,27 = 0,37 < 1,61$ свідчить про те, що внутрішня економічна дохідність інвестицій E_g , які можуть бути вкладені потенційним інвестором у впровадження та комерціалізацію науково-технічної розробки вища мінімальної внутрішньої дохідності. Тобто інвестувати в науково-дослідну роботу за темою «Біометрична технологія відстеження пересування людини у виділеній сцені спостереження» доцільно.

Період окупності інвестицій $T_{ок}$ які можуть бути вкладені потенційним інвестором у впровадження та комерціалізацію науково-технічної розробки обчислюємо за формулою (4.25):

$$T_{ок} = \frac{1}{E_g}, \quad (4.25)$$

де E_g — внутрішня економічна дохідність вкладених інвестицій.

$$T_{ок} = 1 / 1,61 = 0,62 \text{ р.}$$

$T_{ок} < 3$ -х років, що свідчить про комерційну привабливість науково-технічної розробки і може спонукати потенційного інвестора профінансувати впровадження даної розробки та виведення її на ринок.

Згідно проведених досліджень рівень комерційного потенціалу розробки за темою «Біометрична технологія відстеження пересування людини у виділеній сцені спостереження» становить 45,0 бали, що, свідчить про

комерційну важливість проведення даних досліджень (рівень комерційного потенціалу розробки високий).

Абсолютний економічний ефект для потенційного інвестора від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки протягом чотирьох років становить 17356215,30 грн.

Термін окупності становить 0,62 р., що менше 3-х років, що свідчить про комерційну привабливість науково-технічної розробки і може спонукати потенційного інвестора профінансувати впровадження даної розробки та виведення її на ринок.

Отже можна зробити висновок про доцільність проведення науково-дослідної роботи за темою «Біометрична технологія відстеження пересування людини у виділеній сцені спостереження».

ВИСНОВКИ

Виявлення та супровід об'єктів у відео послідовності є однією із класичних задач комп'ютерного зору та даний час має різну кількість технічних застосувань, що все ширше будуть використовуватися в людській діяльності. Базою функціонування таких систем є пошук та виявлення людей, що пересуваються у отриманій сцені спостереження. У даній магістерській роботі запропонована послідовність та розроблені засоби для пошуку та відстеження пересування людини у виділеній сцені відеоспостереження.

У першому розділі магістерської роботи виконано огляд та зроблено аналіз складу систем біометричного розпізнавання особи, виконано аналіз методів виділення рухомих об'єктів у виділеній сцені, розглянуті методи біометричного розпізнавання особи, такі як метод «eigenfaces» (власне обличчя), метод головних компонент, метод Віюлі-Джонса із використанням ознак Хаара, метод гнучкого порівняння на графах (вейвлети Габора), метод автоматичної обробки зображення особи, приховані Марківські моделі та методи на основі нейронних мереж та виконано огляд стану ринку біометричних систем розпізнавання особи.

У другому розділі роботи були розглянуті підходи по виявленню рухомих об'єктів, визначено базовий склад комп'ютерної системи відео спостереження та вимоги до неї, запропоновано вдосконалений підхід до виділення обличчя людини у отриманому відеопотоці. На основі запропонованого підходу створено послідовність дій для виділення та відстеження пересування людини у отриманій сцені спостереження.

У третьому розділі магістерської роботи проведено вибір інструментальних засобів для створення програми, розроблено структуру програми для виявлення осіб, що пересуваються, розроблено програму для пошуку та виділення пересування людини у отриманій сцені спостереження та здійснено оцінювання роботи запропонованого підходу.

У четвертому розділі даної магістерської роботи було виконано обґрунтування доцільності виконання розроблення нового наукового вирішення представленої проблеми по виявленню та відстеженню пересування особи, здійснено розрахунок економічних затрат, що необхідні для формування запропонованих засобів виділення та відстеженню пересування особи й позначено комерційні переваги від впровадження створеного програмного продукту для відстеження пересування людини.

Розроблений програмний продукт для виділення та відстеження пересування людини може використовуватися в організаціях для знаходження людини та відстеження її пересування у відео потоці.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Медведева Е. В. Метод выделения движущихся объектов в видеопотоке на основе оценки их границ/ Е. В. Медведева, К. А. Карлушин, Е. Е. Курбатова //Машинное обучение и анализ данных, 2015. Т. 1, № 12. С. 1696 – 1705.
2. Алпатов, Б.А. Подходы к обнаружению и оценке параметров движущихся объектов на видеопоследовательности применительно к транспортной аналитике / Б.А. Алпатов, П.В. Бабаян, М.Д. Ершов // Компьютерная оптика. — 2020. — Т. 44, № 5. — С. 746-756.
3. Ворона В. А. Биометрические технологии идентификации в системах контроля и управления доступом/ В. А. Ворона, В. О. Костенко // «Компьютерные и информационные науки» 2016, №3, с. 224-242.
4. Павлов, В. А. Применение свёрточной нейронной сети для сопровождения объектов на последовательности аэрофотоснимков / С. Б. Макаров, А. И. Бобровский, В. А. Павлов, А. К. Безбородов // Вопросы радиоэлектроники. Серия Техника телевидения. — 2020. — № 2. — С. 3 — 18.
5. Тропченко А.А., Тропченко А.Ю. Нейросетевые методы идентификации человека по изображению лица // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2015. – Т. 55, № 10. – С. 31–36.
6. Волковицкий В.Д., Волхонский В.В. Системы контроля и управления доступом. — М.: Экополис и культура, 2017. — 376 с.
7. Петелько А. Ю. Комп'ютерна система відеоспостереження із розмежуванням доступу працівників. / А. Ю. Петелько, М. А. Очкуров, Л.А.Савицька. // Тези доповіді. XLIX регіональна науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету з участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області. — Режим доступу:

<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fitki/all-fitki-2020/paper/view/9696/8072>.

8. Ворона В.А., Тихонов В.А. Системы контроля и управления доступом. — М.: Горячая линия — Телеком, 2010. — 272 с.

9. Шапиро Л. Компьютерное зрение / Л. Шапиро, Дж. Штокман — М.: Бином, 2009. — 763с.

10. Визильтер Ю. В. Обработка и анализ изображения в задачах машинного зрения. / Ю.В.Визильтер, С. Ю. Желтов — М.: Физматкнига, 2010. — 672 с.

11. Гороховський О. І. Інтелектуальні системи. / О. І. Гороховський — Вінниця: ВНТУ, 2010.— 193с.

12. Фомин Я. А. Распознавание образов: теория и применение. / Я. А. Фомин. —М.: ФАЗИС, 2012.— 429 с.

13. Заяць В. М. Методи розпізнавання образів. Навч. посібник. / В. М. Заяць, Р. М. Камінський.— Львів, видав. Національного університету «Львівська політехніка», 2004. — 176 с.

14. Chen D.-Y. On visual similarity based 3D model retrieval. / D.-Y. Chen, M. Ouhyoung, X.-P. Tian, Y.-T. Shen. // Computer Graphics Forum, 2003. — pp. 223-232.

15. Edwards G.J. Face recognition using active appearance models/G.J.Edwards, T.F.Cootes, C.J.Taylor// Computer Vision. Volume 1407 of the seriesLecture Notes in Computer Science. 2006, pp. 581-595.

16. Друки А. А. Система поиска, выделения и распознавания лиц на изображениях // Известия Томского политехнического университета.— 2011. — т.318.— №5.— С. 64 – 70.

17. Горелик А. Л. Методы распознавания. / А. Л. Горелик, В. А.Скрипкин — 4-е изд. — М.: Высшая школа, 1984, 2004. — 262 с.

18. Биометрическая идентификация и аутентификация [Электронный ресурс]// URL:http://www.techportal.ru/glossary/biometricheskaya_identifikasiya.html

19. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений. / Р. Гонсалес, Р. Вудс. — Москва: Техносфера, 2005. — 1072с.
20. Особенности внедрения и использования систем контроля доступа по лицу [Электронный ресурс] // URL:http://www.secuteck.ru/articles2/sys_ogr_dost
21. Грузман И.С.Цифровая обработка изображений в информационных системах: Учебное пособие. / И.С. Грузман, В.С.Киричук, В.П. Косых, Г.И. Перетягин, А.А. Спектор. — Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. — 352 с.
22. Лукьяница А. А. Цифровая обработка видеоизображений / А. А. Лукьяница, А. Г. Шишкин — Москва: «Ай-Эс-Эс Пресс».— 2009. —145с.
23. Способ обнаружения появления объектов на изображениях. Патент RU № 2465649, МПК G06T7/20.
24. Способ подчеркивания контуров изображения движущихся объектов. Патент RU №2337501, МПК G06T7/20, опубл. 27.10.2008.
25. Способ выделения контуров объектов изображения. Патент RU №2383925, МПК G06K 9/50, опубл. 27.04.2009.
26. System and method of processing information (images) aimed at tracking a person through multiple cameras. Патент US №9390332 B2, МПК G06T 7/00, опубл. 12.07.2016.
27. Устройство, система и способ, направленные на содействие контролируемому человеку в выполнении задачи отслеживания движущегося объекта. Патент RU № 2551128 С1, МПК H04N 7/18, опубл. 20.05.2015.
28. Способ выделения контуров движущихся объектов. Патент RU № 2466456 С2, МПК G06K 9/50.
29. Method for detecting special points and a device that implements it. Патент US №2007/0071289 A1, МПК G06K 9/00.
30. Устройство для определения расстояния и скоростей объектов на основе стереоподхода. Патент RU № 2582853, МПК H04N 7/18.
31. Камери відеоспостереження. [Електронний ресурс] — Режим доступу: [https:// відеокамери.com.ua/videocamera/external_cameras](https://відеокамери.com.ua/videocamera/external_cameras).

32. Засоби фірми Hikvision [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://hikvision.org.ua/ua/node/1009>.
33. Конахович Г.Ф. Захист інформації в мережах передачі даних: підручник / Г.Ф. Конахович, О.Г. Корченко, О.К. Юдін. — К.: Видавництво ТОВ НВП «ІНТЕРСЕРВІС», 2009. — 714 с.
34. OpenCV — бібліотека комп'ютерного зору з відкритим вихідним кодом [Електронний ресурс] — Режим доступу: <http://software.intel.com/en-us/articles/>.
35. Коэльё Л. Построение систем машинного обучения на языке Python. / Л. Коэльё, В. Ричерт— Перевод с английского. — М.: ДМК Пресс, 2015. — 364с..
36. Маккинли У. Python и анализ данных. — Перевод с английского. — М.: ДМК Пресс, 2015. — 482 с.
37. Методичні вказівки до виконання економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад.: В. О. Козловський, О. Й. Лесько, В. В. Кавецький. — Вінниця : ВНТУ, 2021. — 42 с.
38. Кавецький В. В. Економічне обґрунтування інноваційних рішень: практикум / В. В. Кавецький, В. О. Козловський, І. В. Причепа – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 113 с
39. Тарифи на електроенергію [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://index.minfin.com.ua/tarif/electric.php>.

ДОДАТОК А

Міністерство освіти та науки України
Вінницький національний технічний університет
Факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ОТ ВНТУ

д.т.н., проф.

_____ О. Д. Азаров

“ ___ ” _____ 2021 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на виконання магістерської кваліфікаційної роботи

«Біометрична технологія відстеження пересування людини у виділеній сцені
спостереження»

08-23.МКР.009.00.000 ТЗ

Науковий керівник к.т.н., доц. каф. ОТ
_____ Савицька Л. А.

Студент групи 1КІ-20м
_____ Петелько А. Ю.

Вінниця 2021

1 Підстава для виконання магістерської кваліфікаційної роботи (МКР)

1.1 Актуальність даного дослідження визначається необхідністю вирішення основних проблем існуючих засобів пошуку людини та відстеження її пересування із відео потоку для комп'ютерних систем. Особливо актуальним дане дослідження є у зв'язку з тенденціями до впровадження таких засобів у різноманітних засобах для пошуку, виділення та ідентифікації людини по обличчю та відстеження її пересування.

1.2 Наказ про затвердження теми магістерської кваліфікаційної роботи.

2 Мета і призначення МКР

2.1 Мета роботи полягає у підвищенні ефективності пошуку обличчя людини у відео потоці та відстеження її пересування. Підвищення ефективності способу пошуку обличчя та відстеження пересування людини заключається в більш точній перевірці відповідності знайдених об'єктів на зображенні людині.

2.2 Призначення розробки — виконання магістерської кваліфікаційної роботи із подальшим впровадженням та розвитком продукту.

3 Вихідні дані для виконання МКР:

— запропонувати нові підходи для реалізації методу пошуку та відстеження пересування людини;

— кольорове цифрове зображення з розширенням не менше за 1024 пікселів по горизонталі та 768 пікселів по вертикалі, розміром не більше 2Мб;

— частота надходження відеокадрів не менше 25 кадрів/сек.

4 Вимоги до виконання МКР

Запропонувати нові підходи для реалізації методу пошуку та відстеження пересування людини у отриманій сцені відео спостереження.

Розробити послідовність для пошуку та відстеження пересування людини у отриманій сцені відео спостереження.

Виконати розробку програмного забезпечення для пошуку обличчя людини та відстеження її пересування, провести його тестування. Схеми

послідовності пошуку та відстеження пересування людини та лістинги програми представити в додатках до роботи.

5 Етапи МКР та очікувані результати приведені у таблиці А.1.

Таблиця А.1 — Етапи виконання роботи

№ етапу	Назва етапу	Термін виконання		Очікувані результати
		початок	кінець	
1	Аналіз завдання. Вступ	07.09.21	09.09.21	Вступ
2	Аналіз способів виділення та відстеження пересування людини	10.09.21	28.09.21	розділ 1
3	Розробка структури комп'ютерної системи та способу відстеження пересування людини	29.09.21	21.10.21	Розділ 2, розробка способу
4	Розробка програми, проектування комп'ютерної системи	22.10.21	10.11.21	Розділ 3, розробка програми
5	Практична реалізація, результати	11.11.21	16.11.21	Розділ 3
6	Розробка економічної частини	17.11.21	30.11.21	Розділ 4
7	Оформлення пояснювальної записки	01.12.21	15.12.21	ПЗ, презентація

6 Матеріали, що подаються до захисту МКР: пояснювальна записка МКР, графічні і ілюстративні матеріали, протокол попереднього захисту МКР на кафедрі, відзив наукового керівника, відзив рецензента, протоколи складання державних екзаменів, анотації до МКР українською та іноземною мовами.

7 Порядок контролю виконання та захисту МКР

Виконання етапів розрахункової та графічної документації МКР контролюється науковим керівником згідно зі встановленими термінами. Захист МКР відбувається на засіданні Державної екзаменаційної комісії, затвердженою наказом ректора.

8 Вимоги до оформлення МКР

Вимоги викладені в «Положенні про порядок підготовки магістрів у Вінницькому національному технічному університеті» з урахуванням змін, що

подані у бюлетені ВАК України № 9-10, 2011р., а також в МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВКАХ до дипломного проектування, ДСТУ 3008:2015, ДСТУ 3974-2000 «Правила виконання дослідно-конструкторських робіт. Загальні положення» та діючого ГОСТ 2.114-95 ЄСКД.

9 Вимоги щодо технічного захисту інформації в МКР з обмеженим доступом відсутні.

Технічне завдання до виконання отримав _____ Петелько А. Ю.

ДОДАТОК Б

Лістинг програми

```
import numpy as np
import VideoStream
import yolov3.config
import yolov3.utils
import cv2
from yolov3.model import YOLO3
from pathlib import Path
video = cv2.VideoCapture("vtest.avi")
ret, frame1 = video.read()
ret, frame2 = video.read()
while video.isOpened():
    difference = cv2.absdiff(frame1, frame2)
    rgb_image = frame[:, :, :-1]
    gray = cv2.cvtColor(difference, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
    blur = cv2.GaussianBlur(gray, (5,5), 0)
    threshold = cv2.threshold(blur, 20, 255, cv2.THRESH_BINARY)
    python convert.py = yolov3.cfg yolov3.weights model_data/yolo.h5
    model = YOLO3 (mode="inference",
    model_dir=MODEL_DIR,
    config= YOLO3Config())
    model.load_weights(YOLO3_MODEL_PATH, by_name=True)
    results = model.detect([rgb_image], verbose=0)
    height, width, depth = image_to_process.shape
```

```

blob = cv2.dnn.blobFromImage(image_to_process, 1 / 255, (608, 608), (0, 0,
0), swapRB=True, crop=False)
net.setInput(blob)
outs = net.forward(out_layers)
class_indexes, class_scores, boxes = ([[] for i in range(3)])
objects_count = 0
for out in outs:
    for obj in out:
        scores = obj[5:]
        class_index = np.argmax(scores)
        class_score = scores[class_index]
        if class_score > 0:
            center_x = int(obj[0] * width)
            center_y = int(obj[1] * height)
            obj_width = int(obj[2] * width)
            obj_height = int(obj[3] * height)
            box = [center_x - obj_width // 2, center_y - obj_height // 2,
obj_width, obj_height]
            boxes.append(box)
            class_indexes.append(class_index)
            class_scores.append(float(class_score))
chosen_boxes = cv2.dnn.NMSBoxes(boxes, class_scores, 0.0, 0.4)
for box_index in chosen_boxes:
    box_index = box_index[0]
    box = boxes[box_index]
    class_index = class_indexes[box_index]
    if classes[class_index] in classes_to_look_for:
        objects_count += 1
        image_to_process = draw_object_bounding_box(image_to_process,
class_index, box)

```

```

    final_image = draw_object_count(image_to_process, objects_count)
    return final_image
cv2.namedWindow(«YOLO3_Deep_SORT», 0);
cv2.resizeWindow('YOLO3_Deep_SORT', 1024, 768);
cv2.imshow('YOLO3_Deep_SORT', frame)
def draw_object_bounding_box(image_to_process, index, box):
    x, y, w, h = box
    start = (x, y)
    end = (x + w, y + h)
    color = (0, 255, 0)
    width = 2
    final_image = cv2.rectangle(image_to_process, start, end, color, width)
    start = (x, y - 10)
    font_size = 1
    font = cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX
    width = 2
    text = classes[index]
    final_image = cv2.putText(final_image, text, start, font, font_size, color,
width, cv2.LINE_AA)
    return final_image
fase_boxes = get_fase_boxes(r['rois'], r['class_ids'])
print("Fases found in frame of video:")
for box in fase_boxes:
    print("Fase:", box)
    y1, x1, y2, x2 = box
    cv2.rectangle(frame, (x1, y1), (x2, y2), (0, 255, 0), 1)
cv2.imshow('Video', frame)

```

ДОДАТОК В

Методи виділення руху

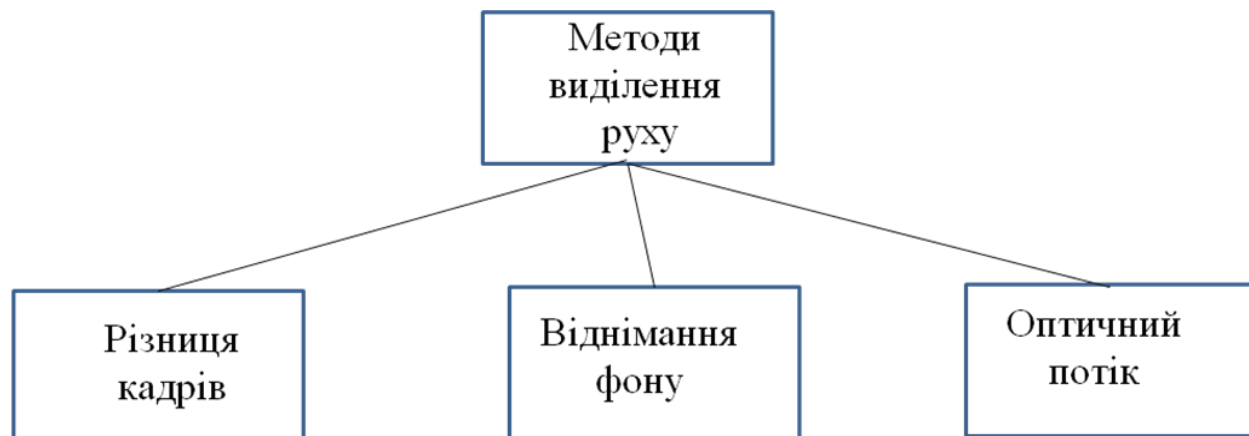


Рисунок В.1 — Методи виділення руху

ДОДАТОК Г

Детектори виділення зображення людини

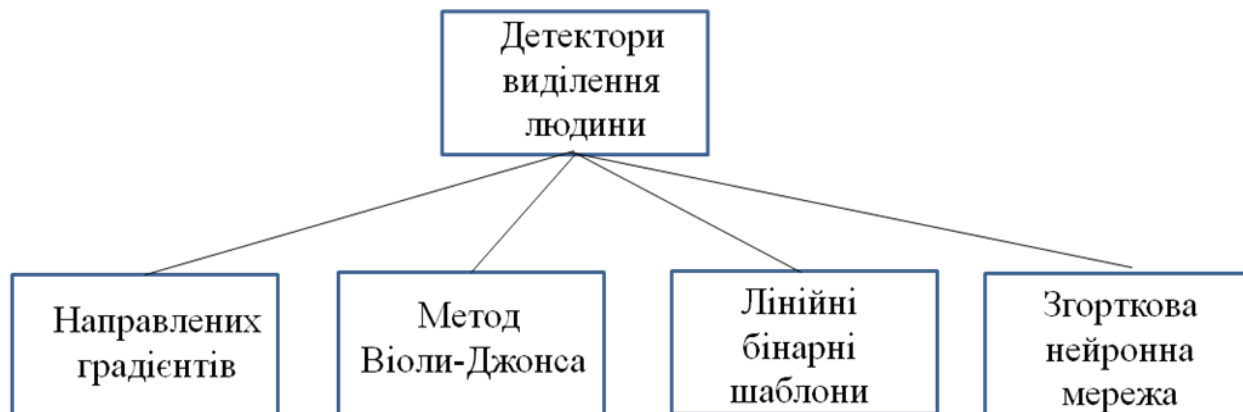


Рисунок Г.1 — Детектори виділення зображення людини

ДОДАТОК Д

Методи виділення обличчя людини



Рисунок Д.1 — Методи виділення обличчя людини

ДОДАТОК Е

Послідовність відстеження пересування людини

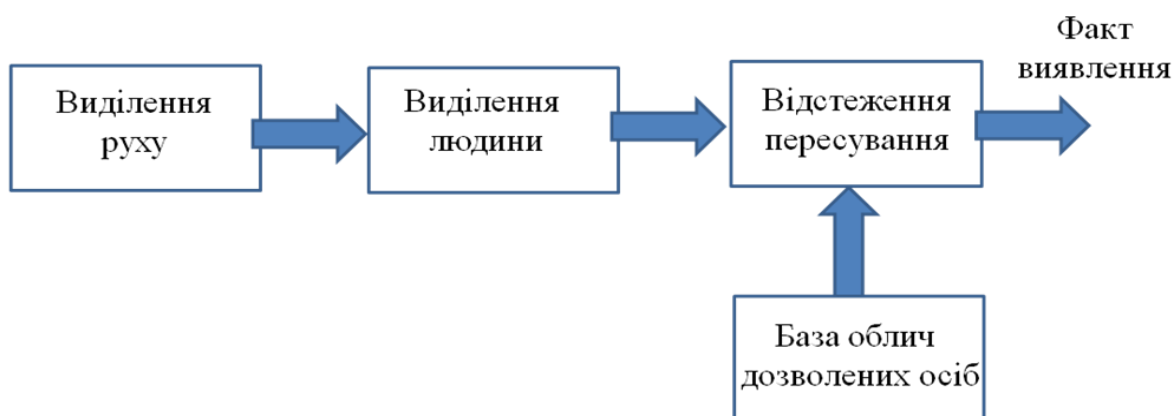


Рисунок Е.1 — Послідовність відстеження пересування людини

ДОДАТОК Ж

Структурна схема програми відстеження пересування

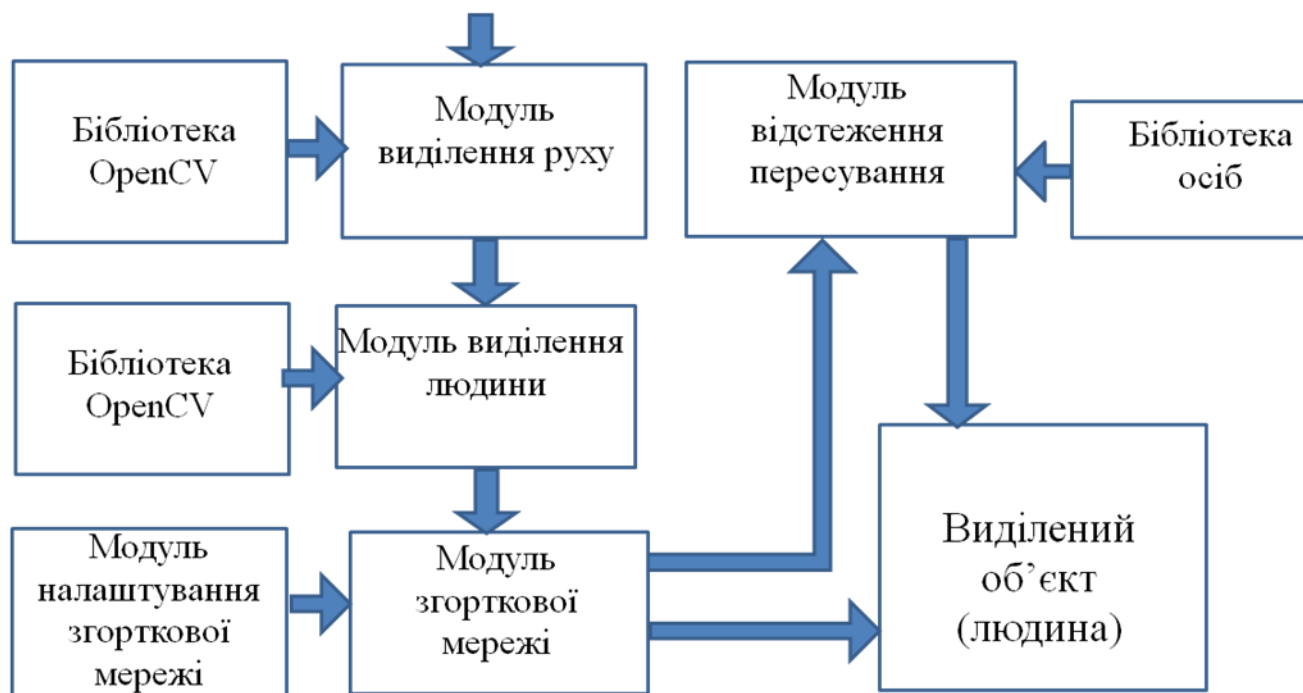


Рисунок Ж.1 — Структурна схема програми відстеження пересування

ДОДАТОК К

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ) РОБОТИ

Назва роботи: Біометрична технологія відстеження пересування людини у виділеній сцені спостереження.

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота
(кваліфікаційна роботи, курсовий проект (робота), реферат, аналітичний огляд, інше (зазначити))

Підрозділ кафедра обчислювальної техніки, 1КІ-20м
(кафедра, факультет (інститут), навчальна група)

Науковий керівник Савицька Л.А., доц. кафедри ОТ
(прізвище, ініціали, посада)

Показники звіту подібності

Plagiat.pl(StrikePlagiarism)		Unicheck	
КП1		Оригінальність	89,9
КП2			
Тривога/Білі знаки	/	Схожість	9,1

Аналіз звіту подібності (відмінити подібне)

- Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності і відсутності самостійності її автора. Робот направити на доопрацювання.
- Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Заявляю, що ознайомлений(-на) з повним звітом подібності, який був згенерований Системою щодо роботи (додається)

Автор _____
(підпис)

Петелько А.Ю.
(прізвище, ініціали)

Опис прийнятого рішення

Ступінь оригінальності роботи відповідає вимогам, що висуваються до МКР

Особа, відповідальна за перевірку _____
(підпис)

Захарченко С.М.
(прізвище, ініціали)