

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Автоматики і комп'ютеризованих технологій
(повна назва)

Кафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації
та мехатроніки
(повна назва)

АТЕСТАЦІЙНА РОБОТА Пояснювальна записка

Другий (магістерський)
(рівень вищої освіти)

КТ 1 Розробка апаратно-програмних засобів формування інформації про
робочий простір мобільної платформи. ПТ 2 Програмна частина
(тема)

Виконав:
студент 2 курсу, групи АУТПм – 20 – 2

Востріков Д. Є.
(прізвище, ініціали)

Спеціальності 151 Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми Освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Автоматизоване управління
технологічними процесами
(повна назва освітньої програми)

Керівник проф. Цимбал О.М.
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту
Зав. кафедри КІТАМ

(підпис)

Невлюдов І.Ш.
(прізвище, ініціали)

2021 р.

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

Факультет Автоматики і комп'ютеризованих технологій
 Кафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки
 Рівень вищої освіти другий (магістерський)
 Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
 Тип програми Освітньо-професійна
 Освітня програма Автоматизоване управління технологічними процесами
 (шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри КІТАМ _____
(підпис)

«__» _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові Вострікову Даніілу Євгеновичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи КТ 1 Розробка апаратно-програмних засобів формування інформації про робочий простір мобільної платформи. ПТ 2 Програмна частина

Затверджена наказом по університету від 08.11.2021р. № 1669 Ст.

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 15.12.2021 р.

3. Вихідні дані до роботи система, технічний зір, application programm interface, arduino, orange pi, мобільна платформа

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі _____

4.1 Аналіз розвитку та технічної реалізації комп'ютерного зору роботів; _____

4.2 Аналіз систем технічного зору роботів; _____

4.3 Реалізація системи технічного зору; _____

4.4 Розробка програмного забезпечення _____

4.5 Тестування програмного забезпечення _____

4.6 Розгляд питань безпеки життєдіяльності та охорони праці _____

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій – презентація у форматі Power Point на 12 сторінках

6. Консультанти розділів роботи

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата
Основна частина			

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз технічного завдання	11.09 – 12.09.21	виконав
2	Аналіз конструкцій маніпуляційних систем	13.09 – 18.09.21	виконав
3	Розробка програмного забезпечення системи керування мобільного робота Festo Robotino	19.09 – 22.09.21	виконав
4	Тестування програмного забезпечення системи керування мобільного робота Festo Robotino	23.09 – 02.10.21	виконав
5	Розгляд питань охорони праці та безпеки життєдіяльності	02.09 – 04.10.21	виконав
6	Подання роботи на перевірку Інтернет-сервісом Unichesk	05.10 – 07.10.21	виконав
7	Оформлення пояснювальної записки	07.10 – 09.10.21	виконав
8	Подання роботи на рецензію	09.12 – 10.12.21	виконав
9	Подання роботи на підпис зав. кафедри	10.12 – 10.12.21	виконав
10	Подання атестаційної роботи в ЕК	15.12.2021	виконав

Дата видачі завдання 11.09.2021 р.

Студент

(підпис)

Керівник роботи

(підпис)

Востріков Д.Є.

(прізвище, ініціали)

проф. Цимбал О.М.

(посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 106 сторінок, 19 рисунків, 6 таблиць, 1 додаток, 20 джерел.

АРДУІНО, ІНТЕРФЕЙС ПРИКЛАДНОЇ ПРОГРАМИ, МОБІЛЬНА ПЛАТФОРМА, СИСТЕМА, ТЕХНІЧНИЙ ЗІР

Мета роботи – розробка вдосконаленого програмного забезпечення для мобільного робота Festo Robotino.

Об'єкт дослідження – мультиагентні системи комп'ютерного зору та їх використання у промисловості.

Предмет дослідження – алгоритми та методи вирішення задач побудови системи комп'ютерного зору.

Методи дослідження – методології розробки програмного забезпечення, методи побудови сенсорних систем, методи опису мапінгу об'єктів.

На основі аналізу існуючих сенсорних систем та існуючих програмних рішень розроблено програмне забезпечення сенсорної системи для мобільної платформи. В ході виконання роботи використано мову програмування C#.

ABSTRACT

Explanatory note: 106 pages, 19 figures, 6 tables, 1 appendix, 20 sources.

ARDUINO, APPLICATION PROGRAM INTERFACE, SYSTEM,
MOBILE PLATFORM, TECHNICAL SIGHT

The purpose of the work is to develop advanced software for the Festo Robotino mobile robot..

The object of research is multi – agent computer vision systems and their use in industry.

The subject of research – algorithms and methods for solving problems of building a computer vision system.

Research methods – software development methodologies, methods of building sensor systems, methods of describing object mapping.

Based on the analysis of existing touch systems and existing software solutions, touch system software for the mobile platform has been developed. The C # programming language was used during the work.

ЗМІСТ

Перелік скорочень	7
Вступ.....	8
1 Аналіз технічного завдання.....	10
1.1 Аналіз реалізації систем технічного зору в робототехніці	10
1.2 Аналіз сенсорних систем відстеження положення у просторі мобільних платформ	26
1.3 Висновки до розділу 1	29
2 Обґрунтування вибору технічної модернізації платформи.....	30
2.1 Апаратне забезпечення на базі Raspberry PI.....	32
2.2. Реалізація системи комп'ютерного зору.....	34
2.3 Висновки до розділу 2	41
3 Розробка програмного забезпечення мобільної платформи.....	42
3.1 Реалізація способу отримання зображень.....	42
3.2 Розробка алгоритму роботи програми	48
3.3 Реалізація окремих функцій програмного забезпечення.....	59
3.4 Реалізація системи розпізнання об'єктів.....	62
3.5 Висновки до розділу 3	68
4 Охорона праці та безпека життєдіяльності.....	69
Висновки	74
Перелік джерел посилання	75
Додаток А Текст програми.....	78
Додаток Б Демонстраційний матеріал	96
Додаток В Відомість кваліфікаційної роботи.....	106

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

КЗ – комп'ютерний зір;

ТЗ – технічний зір;

API – application programm interface;

EKF – узагальнений фільтр Калмана;

FPS – frames per second;

HSV – hue, saturation, value;

IDC – iterative dual correspondences;

ICP – iterative closest point;

SLAM – simultaneous localization and mapping;

UI – user interface.

ВСТУП

На сьогоднішній час комп'ютерний зір досить розвинена галузь інформаційних технологій, але напрацювання з цієї галузі рідко використовуються у промислових масштабах. Тому актуальним є дослідження питань ідентифікації мобільним об'єктом свого положення в просторі, а також комп'ютерна емуляція навколишнього середовища.

Об'єктом дослідження є мобільна платформа, яка у її промисловій версії може бути використана на виробництвах різного типу і виконувати різноманітні операції.

Предмет дослідження – розробка вдосконаленого програмного забезпечення для мобільного робота Festo Robotino.

Методи дослідження – методології розробки програмного забезпечення, методи побудови сенсорних систем, методи опису мапінгу об'єктів.

Методи дослідження. В роботі використовуються методи визначення положення у просторі за допомогою технічного зору.

Практична цінність отриманих в роботі результатів полягає в тому, що розроблена модель і методи можуть бути використанні у промисловості. Орієнтація у просторі мобільної платформи є тільки одним з можливих варіантів використання результатів.

Для досягнення мети планується розв'язати наступні завдання:

- проаналізувати систем технічного зору в робототехніці;
- розглянути варіанти технічної модернізації платформи;
- розробити програмне забезпечення для мобільної платформи.

Робототехніка є традиційною сферою застосування комп'ютерного зору. Сучасна робототехніка вимагає вирішення широкого кола задач комп'ютерного зору, що включає, зокрема:

- набір задач, пов'язаних з орієнтацією в зовнішньому просторі, визначенням відстаней до об'єктів і т.д.;

- задачі з розпізнавання різних об'єктів і інтерпретації сцен в цілому;
- задачі з виявлення людей, розпізнаванню їх облич і аналізу емоцій.

Визначення свого положення в просторі – одна з найскладніших задач, необхідних для системи керування мобільного робота. Ця задача входить до чотирьох основних етапів функціонування системи мобільного робота:

- отримання даних (робот повинен задіяти певні датчики для отримання значущих даних);
- обробка даних (робот повинен визначити своє положення в навколишньому середовищі);
- прийняття рішення (по результатам обробки робот повинен визначитися, як діяти для досягнення поставленої задачі);
- дія (робот повинен задіяти необхідні вузли механізмів для здійснення поставленої задачі).

Ще більш масовими в порівнянні з робототехнікою є задачі комп'ютерного зору для персональних мобільних пристроїв, таких як смартфони, планшети і т. д. Зокрема, число мобільних телефонів неухильно зростає і вже практично перевищило за чисельністю населення Землі. Тому актуальним є дослідження питань ідентифікації мобільним об'єктом свого положення в просторі, а також комп'ютерна емуляція навколишнього середовища.

Робота має відповідати вимогам [1,2].

1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

1.1 Аналіз реалізації маніпуляційних систем в робототехніці

Системи зору тепер вважаються невід'ємною частиною багатьох промислових процесів, тому що вони можуть пропонувати швидкі, точно відтворені можливості контролю. Наприклад, у харчовій промисловості, де система технічного зору відіграє вирішальну роль у процесах, коли швидкість і точність надзвичайно важливі і допомагають забезпечити конкурентну перевагу для виробників (рис. 1.1). Сам харчовий продукт перевіряється на предмет контролю і якості порцій, а також на якість упаковки і маркування. Крім того, на фармацевтичному ринку потрібні найвимогливіші системи бачення, які не тільки перевіряють продукти, але також перевіряють використання та налаштування систем, забезпечуючи правильне дозування і контроль за процесами виготовлення ліків [3].

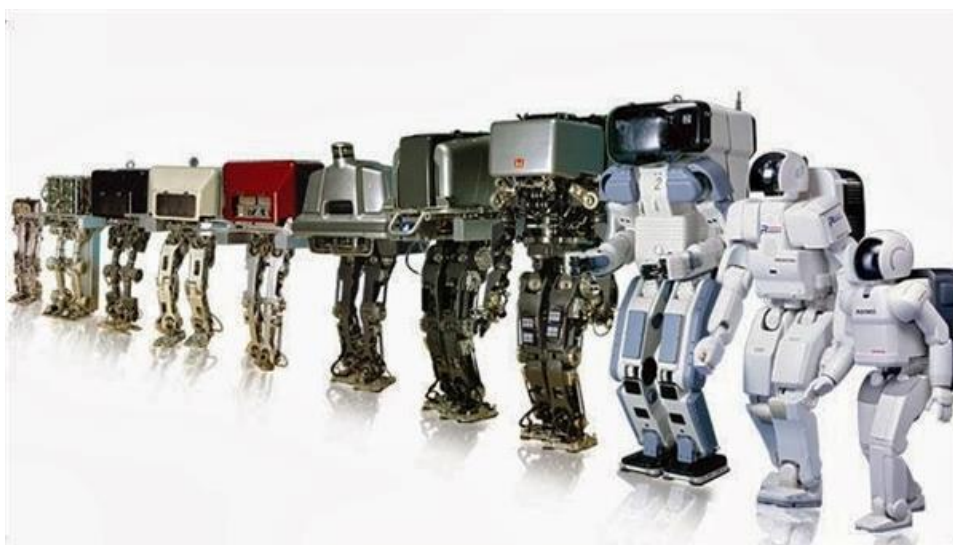


Рисунок 1.1 – Приклад еволюції роботичних систем

Поняття промислових роботів з'явилося з першим офіційно визнаним пристроєм, який було створено в 1954 році. Але технічне зір у системах управління з відомими координатами було створено тільки в 1960 році, і якість його було дуже низьким, щоб використовувати для широкого

застосування. Таке становище тривало до 1983 року, коли з'явилися перші комерційні системи бачення, після чого система стала життєздатною технологією, а тепер широко використовується у багатьох галузях виробництва.

Бачення приносить користь багатьох секторах виробництва, де робототехніка є однією з головних областей застосування. Одним з ключових моментів є той факт, що її можна розглядати як технологію включення в систему управління роботом. Роботи гарні в повторюваних завданнях, але погано враховують швидко мінливі параметри, тому, коли розташування продукту змінюється, робот-система не спрацьовує.

Система технічного зору дозволяє роботам «бачити» об'єкт і обчислити його X – і Y – позиції. Останнім часом роботи стали застосовуватися з можливістю дво – і трьох– бачення. Таким чином, ним стала доступна і третя координата, як правило, висота об'єкта. Список систем датчиків зображень, програмних пакетів і діапазон інтелектуальних камер постійно зростає, тому для будь-якого додатка існує технічне зір у системах управління роботами. З появою недорогих багатоядерних процесорів система розширила свої горизонти (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Абстрактний приклад системи та системі оцінок

Робота будь-якої системи повинна мати систему оцінок для визначення її ефективності. Найбільш важливі показники при розробці систем технічного зору:

Адаптивність: більшість додатків для роботизованого зору покладаються на дуже чітко визначені програми з попередньо запрограмованими функціями. Вони можуть дуже добре виявити конкретний заданий шаблон. Однак якщо щось незвичайне почне проходити перед камерою, воно може бути пропущено додатком. Хорошим прикладом цього може бути повністю автоматизований публічний тест CAPTCHA, де прості літери злегка деформовані, і будь-який тип системи зору не може їх виявити. Хоча цей приклад є проблемою на даний момент, але це всього лише питання часу, скоро це перешкода буде подолано роботизованими системами зору [4].

Виявлення тенденцій: якщо система зору не була запрограмована для виявлення тенденцій або моделей, вона не зможе їх виявити. Хоча люди дійсно добре розбираються і визначають тенденції – техзрение має проблеми з асоціаціями. Кожна виявлена функція часто обробляється індивідуально, наприклад, якщо список помилок буде показаний працівнику-людині, він може його проаналізувати і визначити, чи є проблема з машиною у виробничому процесі. Система бачення не може цього зробити, замість того, щоб визначити, який фрезерний верстат зламався і зупинити його, вона зупиняє виробничу лінію повністю.

Основною перевагою системи бачення є її послідовність і надійність. Якщо система технічного зору бачення знаходиться в правильному місці, вона завжди буде бачити, що щось не так. Вона порівняно з очима людини не втомлюється і завжди буде використовувати одні і ті ж параметри. Люди більш схильні до ризику протягом всього дня, тому що робітник може ставати все більш втомленим і менш уважним.

Ще одна з причин, по якій виробники впроваджують систему, це узгодженість і точність (рис. 1.3).

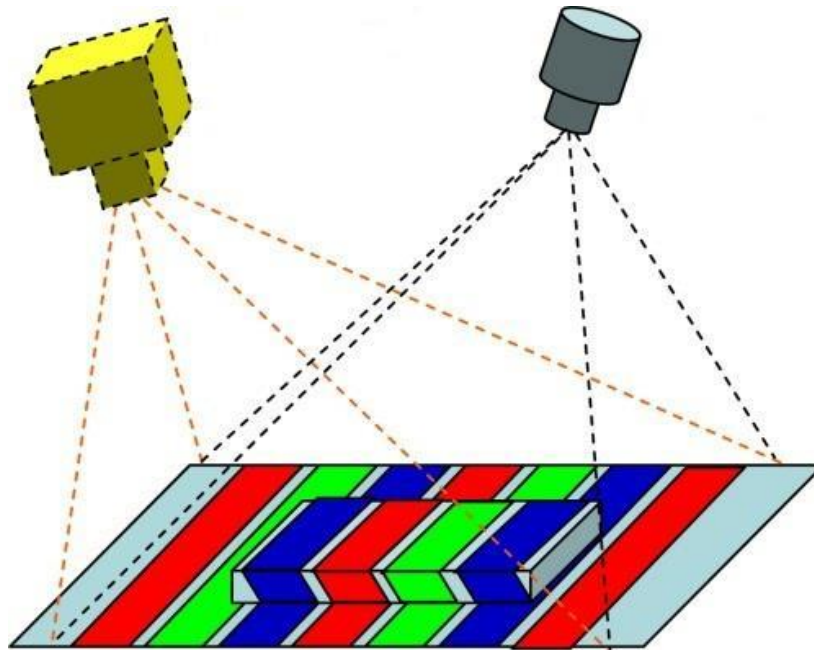


Рисунок 1.3 – Приклад перетворення координат

При розробці систем технічного зору враховують, що робот повинен відрегулювати себе у відповідності з орієнтацією деталей, схопити предмети з конвеєра, а потім укласти їх на палети [5].

У цьому випадку датчики зору забезпечують зв'язок між випадково орієнтованою частиною і роботом.

Наприклад, система машинного зору може бути застосована для управління роботами на машині для складання електронних друкованих плат.

Інший поширений клас додатків складається з роботів, які в процесі виробництва передають деталі з однієї на наступну операцію.

Система бачення надає інформацію, яка дозволяє роботам захоплювати цільовий об'єкт і переміщати його на наступну операцію у виробничій або інспекційній системі.

Коли камера машинного зору виявить у полі зору об'єкт, камера знаходить і встановлює координати x і y об'єкта відносно верхнього лівого кута зображення – $0, 0$ точки.

Робот функціонує з власною системою координат, зосередженої на власній 0 -й точці, що зазвичай не відповідає тій, яку використовує система

бачення. Щоб спростити зв'язок між датчиком зору і роботом і дозволити роботу легко виконувати правильне дію, системи бачення перетворюють координати робота. Завдяки цій можливості вона перетворює інформацію про місцезнаходження точки інтересу в системі відліку камери в систему координат пристрою систем технічного зору.

На додаток до координат положення x і y системи часто повинні повідомляти роботам тета– координату θ або кут повороту цільового об'єкта. Включення координати θ дозволяє роботам визначати, де знаходиться ця частина, а також мати можливість її підняти. Інструменти Vision можуть повідомляти про позиції об'єкта і про те, як він обертається, тому робот може відрегулювати себе відповідним чином, перш ніж підняти об'єкт і виконати завдання.

Координати x , y і θ певної частини можуть бути встановлені з використанням різних інструментів бачення, які є частиною програмних компонентів системи бачення.

Точність, доступна в цих інструментах, розрізняється, як і час, необхідний для аналізу цікавить точки. Наприклад, інструменти надають координати x і y для випадків, коли ребро знаходиться на продукті.

У системі технічного зору в робототехніці, якщо кілька інструментів виявлення краю об'єднані з інструментом аналізу, можна визначити кут або координату θ .

Виявлення країв для виділення певних деталей із складного зображення. Як тільки система знаходить частина, вона використовує дані, зібрані з візуальної інформації, для зміни своєї програми і виконання завдань за призначенням. Це дозволяє роботів працювати з деталями, які зміщені, нахилені, перемішані в контейнері або іншим чином виведені з розрахункового положення. Щоб використовувати систему бачення таким чином, повинна бути певна форма калібрування, де робот може пов'язувати візуальні дані з відстанню. Ці властивості застосовуються в системах технічного зору для контролю якості (рис. 1.4).

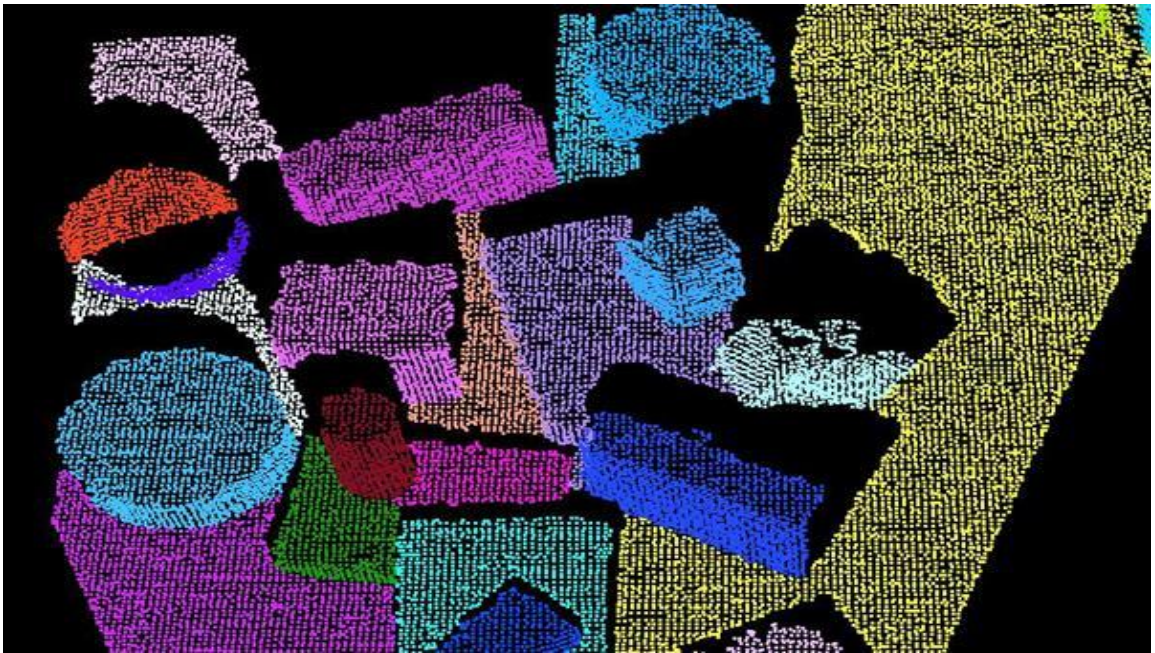


Рисунок 1.4 – Кластеризація країв

При використанні 2D– зору або однієї камери, вона повинна перебувати в одному і тому ж положенні кожен раз, коли потрібно знайти зображення і відстані від цієї точки, тобто повинна бути якась форма калібрування. При об’ємному баченні дві камери або зображення з двох місць визначають відстань [6].

3D– система також вимагає калібрування, а у випадку двох камер розташування камер відносно один одного, що є частиною калібрування. 3D– система технічного зору ds1000 може вимірювати функції деталей на мікроном рівні, забезпечуючи якість кожної деталі під час роботи. Системи бачення «все в одному», які підключаються безпосередньо до робота і обробляють всю обробку даних, не є чимось новим для ринку робототехніки.

Наприклад, CMUcam5 PiXu – це все в одній системі бачення, яка працює з Arduino, Raspberry Pi і BeagleBone для розпізнавання кольору, об’єктів і розпізнаванням обличчя на цьому шляху. Раніше для забезпечення цієї функціональності для хобі– роботів знадобилося або велику кількість роботи, або дорога система, але PiXu спростив надання можливостей системи технічного зору мобільного робота (рис. 1.5).



Рисунок 1.5 – Камери для обробки зображень

Для всіх систем промислового зору потрібно елемент програмного забезпечення для системи зору, чи то просто управління камерою або виконання індивідуального додатки, все одно потрібна хороша камера. Для багатьох потреб в галузі промислового контролю проста конфігурація середовища розробки техзрення з використанням простих користувальницьких інтерфейсів дозволяє розгортати найбільш економічні рішення. Для більш вимогливих компаній, з хорошими навичками розробки програмного забезпечення часто використовують існуючу бібліотеку програмного забезпечення.

Завдяки складним засобам обробки і вимірювання зображень і простим для користувача інтерфейсів точок і кліків, системи бачення грають свою роль у процесі автоматизації, але також забезпечують потужну зв'язок з робототехнікою. Це частина системи, яка буде висвітлювати зовнішній світ і перетворювати його в цифрові дані і можуть оброблятися і аналізуватися

системою технічного зору insight.

Спочатку камери склалися з невеликої кількості фотоелементів (близько 2 тис. пікселів), розташованих за об'єктивом, і щоб визначити форму зображень, обробляли сірий колір з 256 різних відтінків. Сьогодні камери, що використовуються в системі, варіюються від 2 мегапікселів до повного кольору і використовують для роботи 4095 різних відтінків. Цей великий обсяг даних спростив обробку зображень, оскільки він надає безліч інформації, і не обов'язково швидкісну (рис. 1.6).

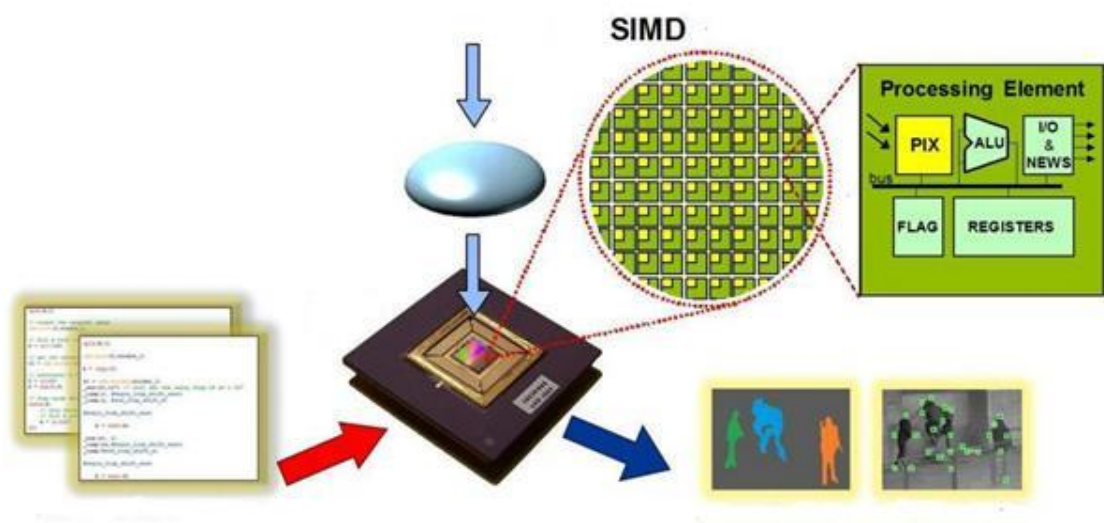


Рисунок 1.6 – Процесорний компонент

Це наступний основний компонент системи бачення. Процесор перетворить всі необроблені дані з камери в корисну інформацію для роботи. Існує два основних методи обробки інформації з точки зору виявлення та кластеризації.

При виявленні крамок процесор шукає різкі відмінності в світлових даних від камери, які потім розглядає край. Як тільки він знаходить перевагу, процесор дивиться на дані з пікселів поблизу, щоб побачити, де ще він може знайти аналогічну різницю. Цей процес продовжується до тих пір, поки не знайде задану контурну інформацію для зображення.

При кластеризації процесор знаходить пікселі, які мають ідентичні дані, а потім шукає інші пікселі поруч з однаковими або близькими до них даними. Цей процес створює зображення, використовуючи дані, зняті камерою. Як тільки процесор визначити його, як зображення, він форматує інформацію у щось, що робот може використовувати, і відправляє в систему.

Остання ключова частина технічного зору в системах управління мобільними об'єктами – кабельна розводка. У більш ранніх технологіях кабелі зв'язку, які використовуються для систем відеоспостереження, були незручними і обмеженими в тому, як далеко вони могли відправляти дані без втрат.

Приблизно в 2009 році Adimes розробив новий спосіб надсилання даних, які дозволили передавати більше 6 Гбіт/с по коаксіальному кабелю, і назвав його CoaXPress. Цей протокол і ті, які були випущені пізніше, забезпечили використання одного коаксіального кабелю для передачі даних, незважаючи на те, що обсяг даних, які потрібні для передачі, продовжує зростати.

Не всі системи бачення використовують тільки один коаксіальний кабель для передачі даних, тому важливо, щоб ті, хто працює з системами бачення, розуміли специфіку та обмеження системи, які у них є (рис. 1.7).



Рисунок 1.7 – Промислова система з додатком Vision System

При кластеризації процесор знаходить пікселі, які мають ідентичні дані, а потім шукає інші пікселі поруч з однаковими або близькими до них даними. Цей процес створює зображення, використовуючи дані, зняті камерою. Як тільки процесор визначити його, як зображення, він форматує інформацію у щось, що робот може використовувати, і відправляє в систему.

Остання ключова частина технічного зору в системах управління мобільними об'єктами – кабельна розводка. У більш ранніх технологіях кабелі зв'язку, які використовуються для систем відеоспостереження, були незручними і обмеженими в тому, як далеко вони могли відправляти дані без втрат.

Приблизно в 2009 році Adimes розробив новий спосіб надсилання даних, які дозволили передавати більше 6 Гбіт/с по коаксіальному кабелю, і назвав його CoaXPress. Цей протокол і ті, які були випущені пізніше, забезпечили використання одного коаксіального кабелю для передачі даних, незважаючи на те, що обсяг даних, які потрібні для передачі, продовжує зростати.

Не всі системи бачення використовують тільки один коаксіальний кабель для передачі даних, тому важливо, щоб ті, хто працює з системами бачення, розуміли специфіку та обмеження системи, які у них є.

В залежності від застосування система технічного зору буде розміщуватися в роботизованою камері в різних місцях. З усіма різними типами роботів, камер та додатків є нескінченна кількість рішень щодо того, де можна розмістити камеру і що з нею робити. Однак існують основні способи налаштування камери:

Кінець руки. Різні програми повинні стежити за тим, що робот захоплює, деякі виробники роботів вбудовують камери безпосередньо на зап'ясті робота. Це дозволяє камері переміщатися в різних напрямках у просторі, знаходити частину і, відповідно з кінематикою робота, захопити її. Оскільки камера часто знаходиться поруч з захопленням, вона також може відстежувати, чи правильно захоплена частина або якщо вона була видалена під час маніпуляції. Розміщення камери на кінці руки робота означає, що

вона постійно переміщується. Якщо потрібно зображення захоплювальної області, зупиняють робота в правильному положенні, переконуються, що камера стабільна, а потім роблять знімок. Якщо для програми потрібно дуже короткий час циклу, може знадобитися змінити цю опцію.

Застосування сцени – інший вид системи, в ній можна фіксувати і постійно дивитися на сцену, наприклад, де деталі представлені в різних положеннях і орієнтаціях на конвеєрі. Як тільки частина проходить перед камерою, знімок береться і аналізується, щоб побачити, де знаходиться деталь і її орієнтація щодо робота. Моніторинг стільникового зв'язку [7].

Існує також вид системи технічного зору роботів, який використовується для вимог безпеки. Камера або набір камер можна встановити безпосередньо на роботі або на майданчику, де він розміщений, щоб контролювати, чи входить людина у робочий простір робота. Оскільки більшість спільних роботів не мають зовнішньої безпеки, цей метод можна використовувати для регулювання швидкості робота у відповідності з відстанню між роботом та людиною (рис. 1.8).

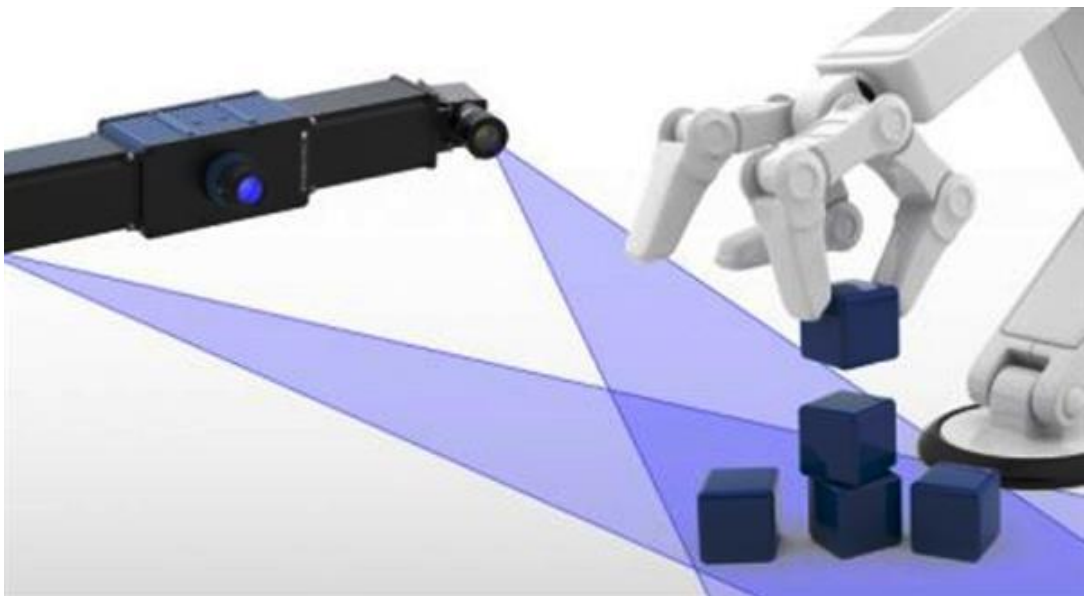


Рисунок 1.8 – Приклад системи 3D бачення

Застосування зображень, 3D– камер швидко зростає порівняно з використанням 2D– камери. Використовуючи декілька датчиків обсягу і

положення, в поєднанні з 3D– лазерним сканером часу, можна докладно створювати 3D– моделі продуктів виробництва. Такі 3D– скани створюються з допомогою лазера часу прольоту, який вимірює час, необхідний для проходження світла між деталями або продуктами. Найбільша перевага цього методу полягає в тому, що його можна використовувати для будь– якої поверхні і розмірності. Це дозволяє роботів розпізнавати випадково розміщені об'єкти та переміщувати їх для впорядкування розташування одних і тих же продуктів.

Загальним додатком для систем бачення є видалення і сортування товарів з контейнера. У той час як системи на базі САПР можуть ідентифікувати елементи в контейнері, завдання полягає в розпізнаванні позиції кожного елемента при його поданні в довільному порядку, не кажучи вже про визначення оптимальності для робота. Розширені системи бачення усувають цю проблему, використовуючи пасивну візуалізацію, щоб робот міг автоматично ідентифікувати предмети незалежно від їх форми чи порядку.

Система зору Toshiba Machine, TSVision3D, використовує два високошвидкісні камери для безперервного захоплення тривимірних зображень системами технічного зору, що застосовуються в лазерних технологіях.

Використовуючи інтелектуальне програмне забезпечення, система може обробляти ці зображення і визначати точне положення елемента. Це визначає найбільш логічний порядок підбору їх і робить це з точністю до міліметра, з тією ж легкістю, що і робочий.

Дальноміри та локатори, тобто сканувальні далекоміри, що знайшли застосування в робототехніці, за фізичною природою використовуваного випромінювання поділяються на радіотехнічні, лазерні, інфрачервоні та ультразвукові.

На рис. 1.9 наведено приклад радіотехнічного локатора, призначеного для обстеження місцевості та виявлення окремих об'єктів. Дальність дії від 2 м до 200 м.



Рисунок 1.9 – Радар Nav Tech I 800

Дальність дії лазерного локатора – 80 м, роздільна здатність – 10 мм, по куту $< 1^\circ$.

Основне застосування в робототехніці такі системи отримали як доповнення систем технічного зору в мобільних роботах, коли потрібні точність та більший діапазон вимірювання дальності.

Дальномір складається з передавача, направлено випромінюючого зазначеної вище фізичної природи випромінювання, та приймача, що реєструє відображене від об'єктів довкілля це випромінювання. Принцип дії далекомірів оснований на використанні як міра відстані (дальності) часу запізнення відбитого ехосигналу, що приймається щодо ініціював його сигналу, випромінюваного передавачем.

Сигнал цей є модульованим високочастотним несучим коливанням і може бути імпульсним або безперервним. Відповідно модуляція може бути безперервною – амплітудною, частотною, фазовою або імпульсною зі зміною крім цих параметрів ще ширини імпульсів або у вигляді кодової модуляції.

Лазерні далекоміри та локатори, що отримали застосування в робототехніці, засновані на твердотільних імпульсних лазерах і застосовуються на дальностях до кількох км.

Сенсорні системи, що використовують інфрачервоне випромінювання, застосовуються в мобільних роботах як далекоміри ближнього дії для запобігання зіткненням з об'єктами зовнішньої середовища, а також у режимі роботи на просвіт у схватах маніпуляторів для контролю наявності в них предметів, що підлягають узяттю.

Їх переваги для цих застосувань – простота, надійність та низька вартість. Діапазон дії інфрачервоних далекомірів – одиниці метрів, похибка до 10 %. Первинний оптичний перетворювач у них – це випромінюючий світлодіод з підсилювачем, а приймач містить матрицю фотодіодів або фоторезисторів. Передавач та приймач мають свої оптичні системи.

Специфічну область застосування датчиків інфрачервоного випромінювання складають системи нічного бачення на електронно–оптичних перетворювачах (ЕОП), які перетворюють інфрачервоне випромінювання у видиме світло. Такі прилади використовуються при природному випромінюванні нічного неба (місячному і зоряному), при підсвічуванні інфрачервоними освітлювачами, часто лазерними, а також при використанні власного випромінювання окремих об'єктів. Ці прилади мають посилення до 50 000 разів та дальність дії до ~ 2 км. Ультразвукові далекоміри та локатори (сонари) використовують ультразвукові коливання з частотою від 15 кГц до мегагерц. Завдання, які вирішуються за їх допомогою:

- запобігання зіткненням та забезпечення обходу перешкод;
- картографування навколишнього простору;

– розпізнавання об'єктів.

Широке поширення сонарів пояснюється їх низькою вартістю, невеликою вагою та енергоспоживанням, простотою обробки сигналів.

Водночас низька швидкість звуку порівняно з електромагнітним випромінюванням (у повітрі при звичайній температурі та щільності – 343 м/с) знижує швидкодію сонарів.

Іншим їх недоліком є сильна залежність реєстрованого відбитого сигналу від властивостей відбиває середовища.

Наприклад, від похилої поверхні цей сигнал взагалі не потрапляє у сонар.

У повітряному середовищі використовуються частоти від 30 кГц до 100 кГц.

У випромінювачах цих коливань застосовуються електростатичні, п'єзоелектричні, а також магнітострикційні перетворювачі електричного сигналу в ультразвук. Приймачі влаштовані за принципом оборотних електроакустичних перетворювачів такого ж принцип дії. Найбільшого поширення у приймачах і передавачі отримали прямий і зворотний п'єзоефекти.

Один і той же оборотний перетворювач може використовуватися і на випромінювання і прийом шляхом циклічного перемикання режим роботи. У порівнянні з п'єзодатчиками електростатичні датчики мають ширшу частотну характеристику, але потребують вищої напруги (більше 100 В), що ускладнює датчик.

Ультразвукові сенсорні системи знайшли особливо широке застосування у підводних роботах, як і взагалі у всіх видах підводних апаратів, де вони є основним засобом контролю навколишнього простору (рис. 1.10).

Ультразвукові далекоміри та локатори крім застосування в повітряному та водному середовищі застосовуються так само для інтроскопії в системах неруйнівного контролю та інших діагностичних пристроях.



Рисунок 1.10 – Лазерный локатор SICK

Безумовно, для всіх перерахованих роботів може бути задіяна величезна кількість допоміжних, «сервісних» сенсорів з перерахованих раніше, використання яких залежить від конкретного додатка. Частина з них дає інформацію про внутрішній стан системи (інтероцепція), а частина – про оточення (Екстероцепція). У цьому контексті окремо варто згадати, що вкрай важливими є сенсори для організації взаємодії людини і робота (human– robot interfaces) [8].

Одне з актуальних напрямків розвитку сенсорики роботів – це сіломоментне відчуття, розвиток тактильних сенсорів. Сучасні маніпуляційні роботи все менше коштують в окремих осередках за залізними огорожами або інфрачервоними завісами, не кажучи вже про сервісних або

персональних роботів. Прогрес рухається в бік створення роботів, які здатні ефективно і безпечно працювати в динамічному, неструктурованому оточенні, коли неможливо все розставити строго по місцях раз і назавжди, і в тісному контакті з людиною .

1.2 Аналіз сенсорних систем відстеження положення у просторі мобільних платформ

До цих систем відносяться гіроскопічні системи, акселерометри, магнітометри, супутникові системи навігації та одометри. Гіроскопічні системи призначені для визначення кутового положення об'єктів у гравітаційному полі. Перші такі системи, засновані на принципі дії дзиги, – роторні гороскопи, були запропоновані ще в XIX столітті. Для вимірювання трьох кутів у просторі потрібні три гіроскопи з ортогонально орієнтованими осями.

Наступним більш простим і дешевим типом механічних гіроскопів є вібраційні гіроскопи. Вони засновані на ефект Кореоліса, що забезпечує збереження коливань в одній площині при повороті. Існують десятки варіантів подібних гіроскопів. Найбільш прості, дешеві і мініатюрні з них – це гіроскопи, виконані на МЕМС технологіях – МЕМС гіроскопи.

Іншим типом гіроскопів є оптичні гіроскопи волоконно–оптичні та лазерні. У них чутливий пристрій являє собою плоский оптичний контур, що обертається, по якому в протилежних напрямках циркулюють два промені. Час проходження контуру променем, співспрямованим з обертанням контуру буде менше, ніж у протилежно спрямованого променя, тому що останній повинен проходити більший шлях.

Різниця часу їх проходження цього будка пропорційна куті повороту контуру за цей час і може використовуватися мірою кута цього повороту.

У робототехніці основне вживання отримали МЕМС гіроскопи. Проте й оптичні гіроскопи є з низки показників цілком конкурентно здатними.

Акселерометри. Ці прилади служать виявлення прискорення та були розглянуті у вступі. У робототехніці у загальному випадку знайшли застосування трикомпонентні (трьохосьові) акселерометри, що визначають величину прискорення по трьох осях. Акселерометри застосовуються разом з гіроскопами в інерційних навігаційних системах, розглянутих далі, а також в інклінометрах, що визначають кути нахилу мобільних роботів щодо гравітаційного поля Землі. В останньому випадку акселерометри компенсують похибку показань інклінометр від прискорення.

Розглянуті у цьому розділі системи знайшли основне застосування для забезпечення навігації мобільних роботів. У своїй сукупності вони отримали назву інерційної вимірювальної системи (ІС). Її гідність – автономність, заснована на пасивних способах отримання навігаційної сенсорної інформації. У загальному випадку ця інформація включає шість показників: три координати розташування (x , y , z) та три кута орієнтації (крен, тангаж, нишпорення).

Для цього система повинна включати три ортогональні (по трьох осях) акселерометри і три ортогональні гіроскопи. Дані акселерометрів крім інформації про прискорення робота після інтегрування включають інформацію про швидкість та переміщення, тобто про поточне положенні. Дані гіроскопів включають також відомості про величину швидкості кутового зміщення.

ІС тільки з гіроскопами застосовуються у стабілізованих платформи на карданному підвісі для їх управління. Такі платформи використовуються в тому числі в роботах для проведення різних вимірів та інших операцій, що потребують такої бази.

Головним недоліком ІС є накопичувані з часом помилки у визначенні координат, спричинені раніше всього одержанням їх шляхом інтегрування. Тому необхідно ці помилки регулярно усувати. Основним способом цього є супутникові системи позиціонування. Для наземних роботів, очевидно, можливе використання для цього та карти місцевості.

Глобальні супутникові системи позиціонування (визначення розташування). Першою такою системою була система GPS (США). Потім було створено ще кілька таких систем, китайська Beidou, японська QZSS, що розробляється Європейським Союзом Galileo та вітчизняна система ГЛОНАСС (глобальна навігаційна супутникова система). В даний час розробляються подібні системи вже третього покоління, що забезпечують визначення координат об'єктів з точністю не в десятки, а в одиниці сантиметрів.

Супутникова система GPS заснована на 24 супутниках. Їх орбіти обрані таким чином, щоб з будь-якої точки земної поверхні завжди можна було побачити не менше чотирьох супутників.

Це дозволяє обчислювати місцезнаходження свого приймача сигналів із супутників у цій точці як чисто геометричне завдання, отримавши від супутників їхні координати, які вони безперервно транслюють разом з точним часом, і обчисливши відстань до них за часом проходження сигналів. Для визначення місцезнаходження приймача достатньо інформації від трьох супутників. Відстань від кожного дає сферу. Перетин двох сфер утворює коло, де перебуває приймач. Точка перетину з третьою сферою визначає точку знаходження приймача.

Магнітометри. Це прилади для визначення параметрів магнітного поля Землі. У робототехніці вони застосовуються в навігації подібно до компасу. Існує також можливість визначення по карті неоднорідностей магнітного поля Землі географічних координат.

Основні типи магнітометрів: магнітостатичний (механічний), індукційний (вібраційний, флюксометр, феррозондовий), на ефект Холла і квантовий (протонний, гелієвий, атомний) [9].

Магнітостатичні магнітометри засновані на вимірі механічного моменту, що діє на індикаторний магніт у магнітному полі. В індукційних магнітометрах вимірюється ЕРС, що виникає у вимірювальній котушці, що обертається або вібрує в магнітному полі. Феррозондові магнітометри

засновані на періодичній зміні магнітного опору вимірювальної котушки шляхом переміщення пермалоевого сердечника або зміни його магнітної проникності змінним полем збудження. Використання ефекту Холла для вимірювання магнітної індукції було розглянуто у вступі. Квантові магнітометри засновані на квантових ефектах у ядрах та електронах у магнітному полі (ядерний магнітний резонанс, електронний парамагнітний резонанс).

Одометри. Це найдавніші найпростіші пристрої для визначення відносного стану транспортного засобу шляхом виміру пройденого ним шляху. Класичним одометром є вимірником кількості обертів колеса, які до нинішнього часу використовуються у автомобілях. Іноді, зокрема в робототехніці, для вимірювання пройденої колії застосовують спеціальне колесо, поміщене позаду транспортного засобу.

Джерелами похибки цих систем є прослизання коліс, деформація ґрунту та самих коліс. Ці похибки можуть коригуватися за допомогою даних, які отримують від сенсорних систем, що визначають місцезнаходження транспортного засобу.

Для визначення пройденого шляху застосовуються і різні інші засоби та способи, включаючи використання інформації від далекомірів, локаторів та інших сенсорних систем. Існують, зокрема, кореляційні системи, подібні до вимірників для прокатних верстатів тощо. Аналогічного призначення системи застосовуються і у водному середовищі [10].

1.2 Висновки до розділу 1

У розділі було розглянуто та проаналізовано існуючі реалізації систем технічного зору у робототехніці та розглянуті їх приклади та застосування. Також окремим пунктом було більш детально розглянуто системи відстеження у просторі мобільних платформ, наведено їх приклади та виявлення їх переваг та недоліків.

2 ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНІЧНОЇ МОДЕРНІЗАЦІЇ ПЛАТФОРМИ

2.1 Апаратне забезпечення на базі Raspberry Pi

Raspberry Pi називають одноплатним комп'ютером розміром з кредитну карту.

Насправді сама плата трохи крупніше – 85,6 мм × 56 мм × 21 мм – і не має округлених країв, до того ж деякі порти просто стирчать зовні (рис. 2.1).

Важить пристрій всього 54 г.

Raspberry Pi доступний у вигляді двох різних моделей, відомих як модель А і модель В.

Відмінності полягають у можливості зниження вартості моделі А завдяки обмеження деяких функціональних можливостей.

У таблиці представлені технічні можливості та характеристики перших моделей Raspberry Pi А та В.

В лютому 2016 року компанія Raspberry Pi в черговий раз перевершила саму себе, випустивши нову модель Raspberry Pi 3.

У цьому новітньому Raspberry Pi 3 є два гігантських оновлення.

Перше – це наступне покоління чотириядерного процесора Broadcom BCM2837 64-бітної ARMv8, яке збільшує швидкість процесора від 900 МГц на Raspberry Pi 2 до 1,2 ГГц на Raspberry Pi 3.

Другим гігантським оновленням є чіп BCM43143 WiFi, вбудований у Raspberry Pi.

Тут уже не потрібні ніякі WiFi-адаптери, цей Raspberry Pi 3 вже готовий до використання Wi-Fi.

На платі також є Bluetooth Low Energy (BLE), роблячи Raspberry Pi 3 IoT гарним рішенням (BLE підтримка також реалізована).

І нарешті, в цій моделі є модернізоване джерело живлення, що перемикається, та який зріс до 2,5 А замість 2 А, що дозволяє підключати до

Вашого Raspberry Pi навіть більш потужні пристрої через USB-порти.

RASPBERRY PI MODEL B

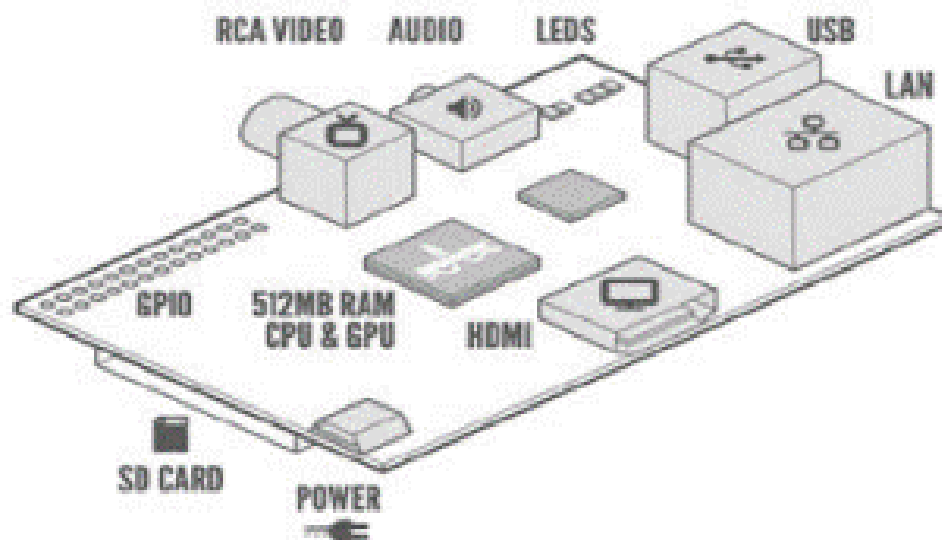


Рисунок 2.1 – Схема Raspberry Pi, модель В

Починаючи з 2013 р. всі Raspberry Pi Model B повинні мати півгігабайта RAM, але на складах перекупників могли завалятися більш ранні моделі.

Ліцензією на виробництво плат мають компанії Premier Farnell, RS Components і Egoman.

Причому остання випускає плати червоного кольору, які можуть пропонуватися тільки на китайських територіях.

До першої річниці проекту RS Components випустили ювілейну партію плат синього кольору обсягом 1000 штук.

Ці ж компанії мають право продавати Raspberry Pi, а в США поширенням займається Allied Electronics.

Тож всі інші магазини просто закупають великі партії пристроїв у цієї четвірки і перепродують кінцевим споживачам.

Обидві моделі плат від різних виробників (складанням займаються заводи Sony, Qisda і Egoman) мають деякі несуттєві відмінності, але зрештою

вони ідентичні (рис. 2.2).

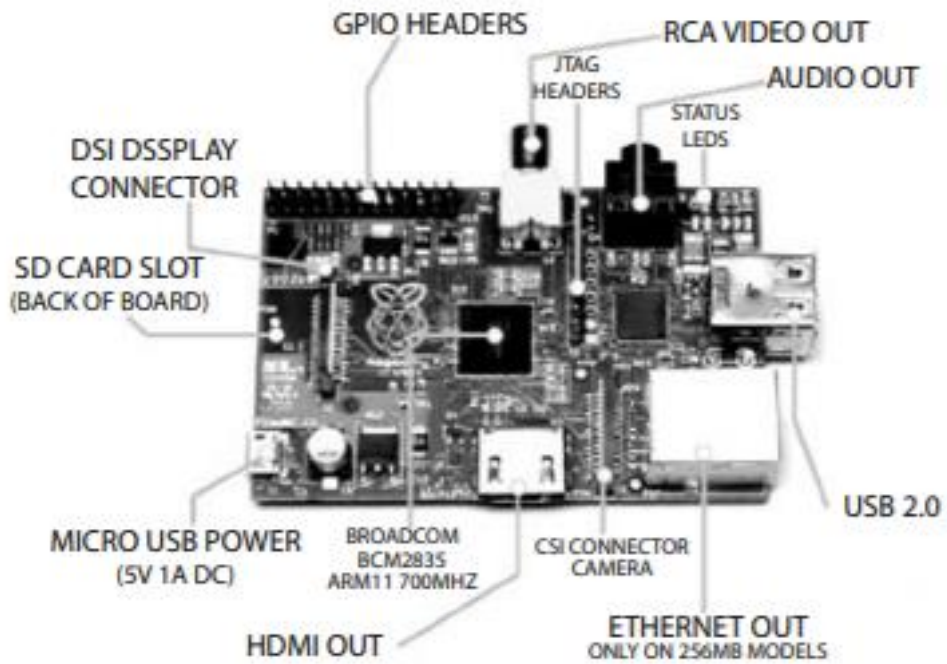


Рисунок 2.2 – Raspberry Pi 2 Model B

Склад плати Raspberry Pi 3 model B (рис. 2.3).

Процесор: 64-бітний чотирядерний процесор на базі Cortex-A53.



Рисунок 2.3 – Плата Raspberry Pi

Роз'єм загального призначення введення/виведення (GPIO) – порт для отримання електричних сигналів з Raspberry Pi, таких як датчики для зчитування і управління двигунами. Він складається з двох паралельних рядів штифтів і позначений як P1. Різні моделі Raspberry Pi використовують по-різному через спосіб маршрутизації штифтів на платі. Композитний відеовихід: цей роз'єм використовується для підключення Raspberry Pi до композитного відеоз'єднання (стандартне телебачення) за допомогою кабелю RCA.

Аудіовихід – чорний 3,5 мм роз'єм на верхньому правому куті плати. Вихід HDMI – порт використовується для передачі цифрового відео на монітор комп'ютера. Вихід HDMI також може скерувати аудіо, так що можна не використовувати порт аудіовиходу.

USB порт(и) – дозволяють підключати USB-аксесуари (такі як клавіатура і миша і зовнішніх пристроїв зберігання даних) для системної плати. Модель A має тільки один USB-порт для зниження витрат. Модель B має два порти USB. Порт Ethernet (тільки для моделі B) – призначений для підключення Raspberry Pi до Ethernet мережі і для доступу в Інтернет.

Оперативна пам'ять – об'єм ОЗП не змінився і залишився таким, як і на попередніх моделях – 1 Гб.

Роз'єм для камери послідовного інтерфейсу (CSI) – тонкий роз'єм чорного кольору між роз'ємом Ethernet і виходом HDMI для підключення невеликої камери, наприклад, веб-камери. CSI роз'єми можна придбати в магазині Raspberry Pi.

Живлення: на лівій нижній стороні – мікророз'єм живлення USB. Живлення забезпечується через мікроджерело живлення USB, яке підключається до цього порту.

Роз'єм дисплею послідовного інтерфейсу (DSI) являє собою тонкий роз'єм для підключення високошвидкісних дисплеїв. Він використовується для підключення невеликої

ЖК–панелі безпосередньо до Raspberry Pi. Можна використовувати його як базу для сенсорного введення даних.

2.2. Реалізація системи технічного зору

Для реалізації систем комп'ютерного зору найкраще застосовувати вже готові рішення і методи і оптимізувати їх за себе. На даний момент вже існує велика кількість методів і рішень, які зібрані в бібліотеки прикладом служать такі бібліотеки як OpenCV, CVCV, scikit-learn, EmguCV і т.д.

Наприклад OpenCV це бібліотека з відкритим вихідним кодом. Вона включає в насіння безліч алгоритмів комп'ютерного зору, обробки зображень та чисельних алгоритмів загального призначення з відкритим кодом.

Реалізована на C / C ++, також розробляється для Python, Java, Ruby, Matlab, Lua та інших мов. До цієї бібліотеки існує безліч відео уроків, лекцій, практик. Бібліотека ccv написана на C і позиціонується як компактна, легка альтернатива OpenCV, тому з неї старанно видалені всі несуттєві функції.

Таким чином, ccv призначена не для експериментів з різними алгоритмами, а для практичного використання в конкретних додатках. Emgu CV є крос-платформних .Net доповненням для бібліотеки OpenCV для обробки зображень. Розроблено для роботи з .NET сумісними мовами, такими як C #, VB, VC ++, IronPython і т.д., може бути використано в Visual Studio, Xamarin, працює з Windows, Linux, Mac OS X, IOS, Android і Windows Phone.

Для реалізації проекту на тему «виявлення нерівностей поверхні засобами комп'ютерного зору» буде застосовуватися бібліотека Emgu CV так як проект буде виконуватися в Visual Studio 2013 на мові програмування C # на підставі того що C # дозволяє стартувати розробку швидше, а це дозволяє швидше отримати прототип рішення .

Швидкість розробки на C # на початкових етапах проекту значно вище в порівнянні з C ++. Також C # зручніше налагоджувати та збирання C ++

проектів помітно складніше збірки проектів C #. Звичайно C # не без недоліків але в даному випадку використовувати краще його.

Бінокулярні СТЗ. Оскільки зовнішнє середовище тривимірне, сенсорне забезпечення систем управління в загальному випадку повинно мати можливість давати саме таку 3D інформацію про це середовище та про окремих об'єктах. Існують три основні способи отримання інформації про тривимірну сцену.

На основі двовимірного образу за видимим взаємним розташуванням окремих об'єктів дається оцінка третьої координати. Такі системи одержали назву 2,5-мірні (2,5D).

Монокулярна СТЗ доповнюється будь-яким далекоміром, який визначає третю координату – дальність.

Стерео СТЗ, що містить дві відеокамери, рознесені на певна відстань (базу) у площині перпендикулярної третій координаті – дальності.

Перший спосіб оцінки глибини сцени найпростіший і заснований на використанні наступних прийомів, відпрацьованих у практичній діяльності людей:

- оцінка відстані до предмета на основі знання його розмірів;
- використання під час накладання зображення предметів друг на друга очевидного факту, що предмет, що закриває інший предмет знаходиться ближче;
- використання ефекту перспективи у візуальному зближенні двох удалину паралельних ліній;
- аналіз світлових ефектів – тіней, відблисків тощо.

Другий вказаний спосіб – це, по суті, комплексування, коли третя координата визначається не СТЗ, а інший системою.

Перейдемо тепер до власного розгляду стереосистеми. Дві відеокамери, рознесені на певну відстань – базу, дозволяють сформувати загальне тривимірне зображення видимої сцени. Кількісна оцінка дальності до окремих об'єктів, як відомо, може бути визначена як висота трикутника,

утвореного базою та напрямками від кожної камери на цей об'єкт. Для цього треба знати лише кут між цими напрямками.

Практично набув поширення алгоритм оцінки дальності безпосередньо за величиною розбіжності (зсуву) зображень конкретного об'єкта на екранах двох відеокамер називається диспаратністю.

Процес формування тривимірної сцени по стереопарі зображень включає два етапи. На першому етапі встановлюється відповідність між двома зображеннями однієї і тієї ж сцени.

Після чого обчислюються величини диспаратності, за якими визначається третя координата окремих точок кожного видимого об'єкта, отже, та її форма.

Встановлення зазначеної відповідності можна як процес деформації зображень, що сполучаються, як би нанесених на еластичні листи, до їхнього збігу.

Ця операція формалізована за допомогою низки алгоритмів – пірамідальний, псевдоградієнтний та ін.

Ідея пірамідального алгоритму, наприклад, полягає в тому, що пара зіставлених зображень за допомогою зазначеного деформування послідовно поєднується спочатку центрами яскравості зображень, потім центрами яскравості окремих частин, починаючи з чотирьох прямокутників, на які розбиваються зображення, і далі до суміщення окремих пікселів. Розглянемо процедуру пошуку відповідних точок на двох зображеннях, засновану на побудові так званих епіполлярних ліній.

Епіполярна лінія – це лінія перетину площині зображення площиною проведеної через промінь зору однієї камери та оптичний центр іншої камери.

Передбачається, що відеокамери відкалібровані, тобто є таблиця, в якій кожна піксельна координата точки (x, y) поставлена у відповідність парі кутових координат – азимут ϕ та нахил θ , що задають напрямок (A) на цю точку з оптичного центру камери (рис 2.4).

Вважаємо також, що відомо взаємне положення двох камер, задане базою R , що зв'язує оптичні центри двох камер, та матрицею кутів повороту однієї камери щодо іншої.

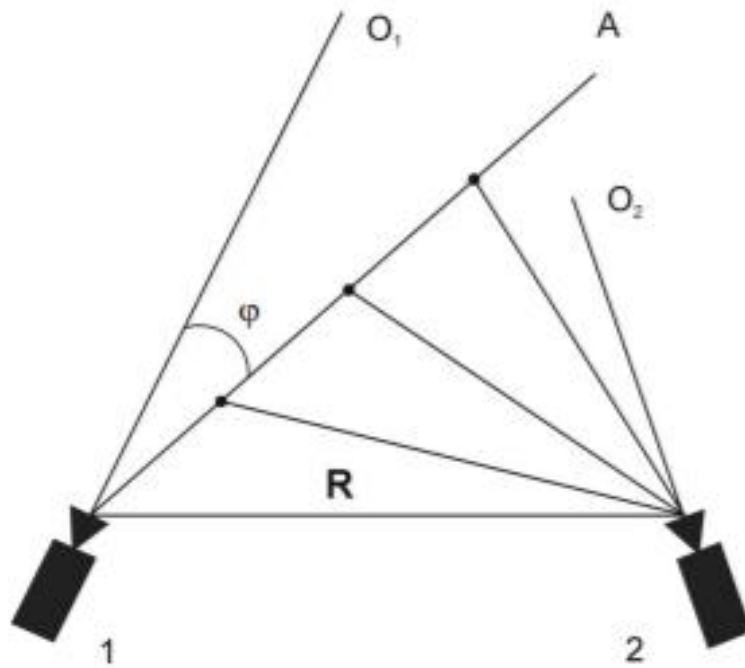


Рисунок 2.4 – Метод побудови епіполярних ліній

Візьмемо на зображенні, отриманому з першої камери, деяку точку з координатами (x_1, y_1) . Цій точці на зображенні з камери 1 відповідають два кути (ϕ, θ) , що задають промінь A до цієї точки. Знаючи взаємне становище двох камер чисто геометрично можна побудувати цей промінь на зображенні з 2 камери – епіполярну лінію. Після чого для кожної точки цієї лінії на зображенні з камери 2 можна зробити аналогічну операцію по відношенню до камери 1 і побудувати свою епіполярну лінію, що відповідає епіполярній лінії на другий камери. За допомогою епіполярних ліній здійснюється знаходження точок на зображенні з однієї камери, що відповідають точкам

Багаторакурсні СТЗ. Принципово новий підхід у розвитку стереосистем дає ідея багаторакурсної системи, що полягає у збільшенні

кількості “поглядів” (ракурсів). Крім вищої якості отримання тривимірного зображення довкілля багаторакурсна СТЗ дозволяє отримувати віртуальні об'ємні зображення її окремих об'єктів. Існує два основних способи формування об'ємного зображення, заснованих на цьому принципі. Перший спосіб – це використання кількох відеокамер, другий – використання мобільного робота або маніпулятора з однією відеокамерою.

Розглянемо принцип впливу багаторакурсних СТЗ на прикладі стосовно другого варіанту.

Робот, обходячи об'єкт, робить його знімки з різних ракурсів. Потім на основі отриманих кадрів синтезується 3D–модель цього об'єкта. Завдання СТЗ зводиться до визначення відстані D від камери до деяких характерних точок в абсолютній системі координат, пов'язаної з нерухомою точкою, наприклад, з первісним положення камери.

Це завдання вирішується у такому порядку:

- ідентифікація точок на поверхні об'єкта, тобто встановлення відповідності між точками, зафіксованими з різних ракурсів;
- обчислення дальності до цих точок.

На основі отриманих значень дальності для вибраних точок здійснюється стандартними засобами (наприклад, OpenGL, DirectX) побудова 3D–зображення об'єкта.

Отримана тривимірна комп'ютерна модель об'єкта передається оператору на дисплей комп'ютера у найбільш зручній формі, в тому числі з можливостями обертання об'єкта, побудови проєкцій та ін. На рис 2.5 наведено алгоритм обчислення дальності до характерних точок поверхні об'єкта та подальшої побудови 3D моделі цього об'єкта.

Відомо, що для підвищення точності визначення дальності необхідно збільшувати базу, а підвищення точності рішення задачі ідентифікації точки на декількох зображеннях бажано відстань між черговими точками візуального знімання інформації зменшувати.

У аналізованій монокулярної СТЗ необхідно, отже, вибирати

оптимальну відстань між сусідніми позиціями робота (ракурсами), на яких СТЗ здійснює знімання кадрів відповідно до необхідної похибки.

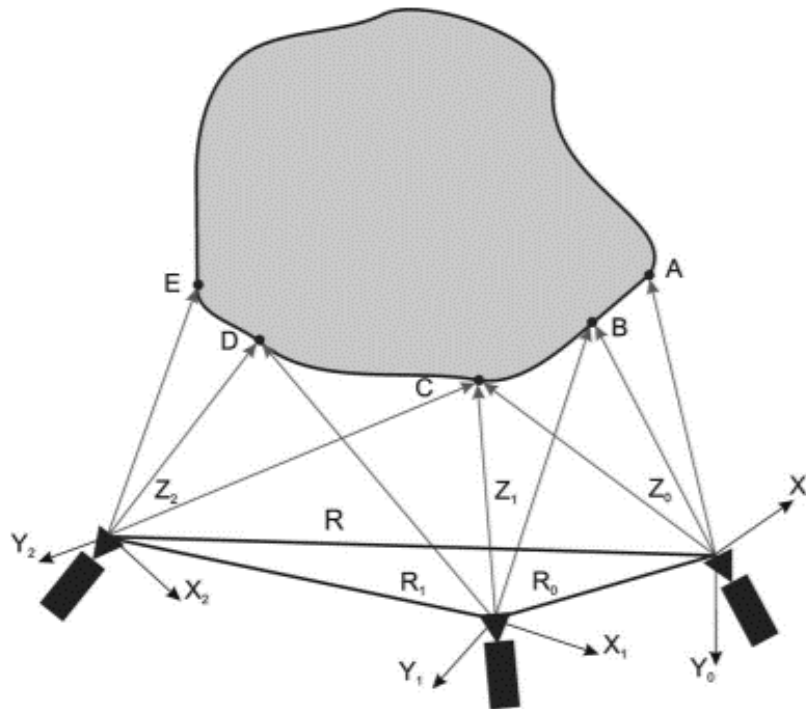


Рисунок 2.5 – Формування 3D моделі поверхні об'єкта у СТЗ на мобільному роботі

Значення величини бази R визначається за певною залежністю похибки визначення дальності від величини бази. Перед обчисленням дальності вирішується завдання ідентифікації крапки на двох зображеннях. Для забезпечення необхідної точності її вирішення обчислене значення бази R розбивається на n рівних частин, щоб при кожному зміщенні камери на відстань R/n завдання ідентифікації вирішувалося з необхідною точністю.

Після виконання n послідовних знімів зображення та рішення на кожному кроці завдання ідентифікації характерних точок вихідного зображення на останньому n -му кроці визначається відстань до цих характерних точок описаними вище методами.

Поряд із розглянутим варіантом застосування багаторакурсного СТЗ на мобільному роботі для отримання тривимірної загальної картини

зовнішнього середовища, така система, як було зазначено, може використовуватися для отримання об'ємного віртуального образу окремих об'єктів цього середовища або комплексу його проєкцій шляхом огляду їх із усіх боків. За допомогою рентгенівської або будь-якої іншої системи інтроскопії така СТЗ може застосовуватись і для отримання об'ємних інтроскопічних зображень окремих об'єктів і середовищ, подібно до томографії, але з великими інформаційними можливостями формування відповідних моделей віртуальної реальності

2.3 Висновки до розділу 2

У цьому розділі було розглянуто та обґрунтовано вибір платформи Raspberry PI як основну платформу для реалізації системи технічного зору, розглянуто розвиток платформи, та її переваги у реалізації поставленої задачі. Також було досліджено та описано реалізацію системи технічного зору, та приведено необхідну інформацію для реалізації поставленої задачі.

3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МОБІЛЬНОЇ ПЛАТФОРМИ

3.1 Реалізація способу отримання зображень

Одночасна локалізація і картографування – це задача побудови та оновлення карти невідомого середовища і одночасного визначення положення робота на цій карті. Задача SLAM – одна з найперспективніших задач сучасної робототехніки, і сьогодні над її вирішенням працює величезна кількість людей, про що свідчить поява безлічі публікацій з найрізноманітнішими підходами до вирішення.

Загалом, для побудови карти робиться опис об'єктів поруч з роботом, визначаються координати цих об'єктів, об'єкти наносяться на карту. А коли робот знову виявляється в тому ж місці, ці об'єкти розпізнаються за записаними ознаками і обчислюються поточні координати робота на карті.

Для опису об'єктів одночасно використовуються всілякі джерела інформації:

- профіль середовища з лазерного далекоміра і ультразвукових датчиків;
- одиночне або стерео зображення об'єкта з телекамери;
- інформація про наявність перешкод з контактних датчиків;
- уточнення глобального положення по GPS і компасу;
- коригування вимірювання малих зсувів за відносними датчикам і т. д.

Перевага такого підходу;

- отримання абсолютної навігаційної системи без накопичення помилки з часом в недетермінованому середовищі без необхідності установки додаткового обладнання.

Важливою особливістю SLAM є те, що велика частина алгоритмів може бути реалізована тільки в статичному середовищі, тобто приміщення або площа, на якій знаходиться робот, не повинні змінюватися.

На даний момент існує безліч різних алгоритмів SLAM, що відрізняються як

за типом вхідної інформації, поданням навколишнього простору у вигляді карти, так і за методами обробки цієї інформації. Наведемо класифікацію алгоритмів локалізації по розмірності картографуємого простору:

- двовимірна локалізація на площині (2D-SLAM);
- тривимірна локалізація в просторі (3D-SLAM);
- колірна локалізація по R, G, B компонентах зображення (Colour-SLAM);
- колірна тривимірна локалізація в просторі (6D-SLAM).

Ці характеристики залежать безпосередньо від використовуваного сенсора. При використанні найбільш простих лазерних далекомірів вхідною інформацією для алгоритму є двовимірний горизонтальний переріз рельєфу навколишніх об'єктів, відповідно для обробки застосовується 2D-SLAM.

При наявності додаткової осі сканування можна отримати тривимірну хмару точок, що дає представлення об'єктів приміщення з урахуванням їх взаємного розташування в просторі, тому тут можна застосувати 3D-SLAM. Алгоритми колірної локалізації оцінюють стан робота по зображенню з встановленої на ньому кольорової відеокамери.

Однак зараз набирають популярність сенсори, що дозволяють отримати тривимірне кольорове зображення об'єктів, наприклад, TOF-камери, Kinect і їм подібні. Для обробки таких зображень з метою локалізації та побудови карти застосовуються алгоритми 6D-SLAM.

Слід зазначити, що переважна більшість алгоритмів локалізації на площині можуть бути розширені на тривимірний простір. Крім того, слід розрізняти глобальну локалізацію і послідовну. Глобальна локалізація дозволяє визначити положення робота на карті без початкового наближення.

Ще одна особливість алгоритмів SLAM даного типу – це можливість замикання циклів, тобто розпізнавання вже пройденої ділянки карти з подальшою релаксацією всієї карти вздовж траєкторії робота. Послідовна (відносна) локалізація визначає зміну положення робота між двома послідовними сканами.

Алгоритми цього типу, як правило, дають більш точний результат

визначення положення мобільного робота, в порівнянні з глобальними алгоритмами SLAM, але повинні виконуватися в реальному часі. Однак, якщо даний алгоритм не зійшовся хоча б один раз, подальше його використання неможливе без додаткових поправок.

Для досягнення найкращого результату по точності і надійності локалізації необхідно використовувати обидва алгоритму спільно. Методи глобальної локалізації засновані на виділенні орієнтирів зі скана і їх розпізнаванні, щоб отримати геометричне положення робота. До методів даного типу відносяться: Марковська локалізація, локалізація за допомогою узагальненого фільтра Калмана (EKF), локалізація методом фільтра частинок.

Процес послідовної локалізації має кілька варіантів назв: зіставлення сканів (scan matching) або реєстрація сканів (scan registration), тому що алгоритм спочатку був призначений для послідовного сканування деякого об'єкта з метою отримання його тривимірної геометричної моделі.

Виділяють наступні основні алгоритми послідовної локалізації:

- ітеративний алгоритм найближчих точок (Iterative Closest Point);
- ітеративний алгоритм найближчих точок з подвійною відповідністю (Iterative Dual Correspondences);
- алгоритм Hector Mapping;
- перетворення нормальних розподілів (Normal Distributions Transform);
- методи екстремальної навігації;
- алгоритм GMapping;
- метод рекурентного фільтру. Iterative closest point (ICP).

Даний алгоритм базується на методі послідовних наближень для значної мінімізації суми квадратів відстаней між відповідними точками двох сканів. Основним недоліком ICP є те, що найближча точка в загальному випадку не відповідає тій же самій точці скануємої поверхні, особливо якщо два результати отримані з віддалених одна від одної позицій. Iterative Dual Correspondences (IDC).

Основною метою є прискорення збіжності кута повороту оцінки

положення, при порівнянні двовимірних дальнометричних сканів. Алгоритм IDC реалізується двома правилами для пошуку відповідностей. На кожній ітерації виконується оцінка відносного переміщення спостерігача за допомогою мінімізації відстані найближчих точок двох сканів.

Проводиться пошук точок відповідності з новим критерієм – збігом відстаней від спостерігача до точки. Критерій використовує полярні координати з центром, що збігається з положенням спостерігача, і задається різницею відстаней до відповідних точок двох сканів всередині деякого кутового діапазону. Алгоритм Nector Mapping використовує в якості моделі робочого середовища всю накопичену карту. Карта представлена у вигляді сітки зайнятості, де значення функції карти дорівнює 1, якщо у відповідній клітинці знаходиться об'єкт, і дорівнює 0, якщо осередок вільний.

Щоб змодельовати імовірнісний характер розподілу точок, що належать до об'єктів на карті, розробники даного алгоритму пропонують використовувати білінійну інтерполяцію. При цьому функція карти стає безперервною, і легко обчислити її градієнт в будь-якій точці.

В якості запобіжного збігу скана і карти використовується середньоквадратична помилка всіх точок скана. Тоді для оцінки положення мобільного робота необхідно скористатися методом найменших квадратів. З огляду на простоту обчислення градієнта, мінімізація даної функції виконується методом Гауса-Ньютона. Normal Distributions Transform (NDT).

У цьому алгоритмі моделюється ймовірність знаходження точки рельєфу в певному положенні за допомогою лінійної комбінації нормальних розподілів. Такий підхід дає можливість використовувати стандартні методи оптимізації для пошуку відповідності з крос-кореляційної функції.

Додатковою перевагою побудови нормальних розподілів є можливість використовувати накопичену інформацію в тому ж вигляді без збільшення обчислювальної складності, тобто побудова карти закладено в основі даного алгоритму. Так як точки опорного скана зіставляються не безпосередньо, немає необхідності у використанні обчислювально-складних методів пошуку

відповідних точок, як, наприклад, в методі ICP.

Обчислення нормальних розподілів – це завдання, яке виконується один раз для точок опорного скана при зчитуванні інформації сенсора, і немає необхідності перераховувати на кожній ітерації алгоритму. До недоліків даного алгоритму можна віднести сильну залежність збіжності від початкового наближення і дискретизації простору.

Методи екстремальної навігації. В основі таких методів лежить зіставлення двох послідовних сканів шляхом оптимізації крос-кореляційної функції.

Виділяють три методи

- перетворення скана в три гістограми (кута повороту та двох переміщень вздовж осей системи координат переміщення);
- вирішення задачі локалізації робота в тривимірному просторі;
- ймовірнісний підхід для порівняння сканів.

Варто відзначити, що помилка, яка накопичується, досить мала, і можна використовувати ці методи без складних евристичних прийомів замикання циклів. Взагалі, використання крос-кореляційних функцій для реєстрації сканів в задачах SLAM є перспективним напрямком, і це лежить в основі практично всіх сучасних алгоритмів навігації. Алгоритм GMapping.

В основі даного алгоритму лежить метод рекурентної фільтрації частинок Рао-Блеквелла на ґратчастій карті. Кожна частинка є потенційною траєкторією робота і містить в собі інформацію про стан карти робочого середовища в поточний момент часу. Було запропоновано два підходи, які дозволяють збільшити продуктивність фільтра для можливості вирішення завдання SLAM в реальному часі, це допоміжна функція розподілу і техніка адаптивного ресемплінгу.

Алгоритм призначений для фільтрації оцінки положення робота, яка обчислюється деяким методом реєстрації сканів, і служить для підвищення точності локалізації. Перевагою даного алгоритму є висока точність побудови карти. Однак недолік полягає в тому, що розглянутий алгоритм має

досить високу обчислювальну складність. Метод рекурентної фільтрації.

Метод визначення параметрів руху спостерігача (далекоміра, встановленого на роботі) по серії сканів. Розглянуто дві моделі руху робота: кінематична модель триколісного робота з умовою непрослизання коліс щодо підлоги і модель довільного руху на площині.

Метод рекурентної фільтрації заснований на використанні:

- рівнянь власного руху;
- рівнянь, що описують відносний рух точок;
- складових нерухомої частини видимого сенсорною системою робота рельєфу.

У процесі руху робота після отримання кожного скана відновлюються кутова і лінійна швидкості робота, після чого будується карта рельєфу в абсолютній системі координат, яка збігається зі зв'язаною системою координат робота в початковий момент часу.

Основною перевагою методу рекурентної фільтрації, безсумнівно, є простота обчислень, яка під силу недорогим бортовим обчислювачам. До недоліків слід віднести накопичення помилки інтегрування оцінюваних значень лінійної і кутової швидкості для отримання поточного становища робота.

Цифрові зображення виходять від одного або декількох датчиків зображення, які крім різних типів світлочутливих камер включають датчики відстані, радари, ультразвукові камери і т. д.

В залежності від типу датчика, що виходять дані можуть бути звичайним 2D зображенням, 3D зображенням або послідовністю зображень. Значення пікселів зазвичай відповідають інтенсивності світла в одній або декількох спектральних смугах, але можуть бути пов'язані з різними фізичними вимірами, такими як глибина, поглинання або відбиття звукових або електромагнітних хвиль, або ядерним магнітним резонансом.

В процесі розробки після створення проекту підключення до нього бібліотеки Emgu CV та створення форми потрібно вирішити проблему

отримання даних для системи комп'ютерного зору. У нашому випадку система служить для виявлення пошкоджень дорожнього щільна на підставі відео з відеореєстратора автомобіля.

Для початку вирішення даної проблеми потрібно отримати дані відео файлу для цього можна скористатися вбудованим класом `OpenFileDialog`. Створюємо об'єкт класу `OpenFileDialog` і встановлюємо тип фільтра для вибору тільки відео файлів. Далі потрібно зберегти відео файл в екземпляр класу від `Emgu CV` під назву `Capture` що відповідає за захоплення відео потоку в ньому буде зберігатися відео файл і дані про нього.

З об'єкта `Capture` ми отримаємо такі дані як загальна кількість кадрів, FPS, і зображення кожного кадру для обробки під час програвання відео. Реалізація попередньої обробки зображення Перед тим як на кожному окремому кадрі відео виконувати пошук нерівностей потрібно провести з кожним зображенням обробку так як перед тим, як методи комп'ютерного зору можуть бути застосовані до відеоданих необхідно обробити відеодані, з тим щоб вони задовольняли деяким умовам, в залежності від використовуваного методу.

У нашому випадку спробуємо прибрати шуми і збільшити контрастність зображення для того, щоб потрібна інформація могла бути виявлена. Процедури фільтрації покликані вирішити конкретні завдання предобработки: усунути адитивні високочастотні перешкоди на оригінальному документі, підкреслити контурні переходи на зображенні, виключити з початкового зображення різкі перепади основний фоновий складової і т.д.

Типи фільтрації зображень:

- широкополосная низькочастотна лінійна фільтрація;
- спрямована низькочастотна лінійна фільтрація;
- медіанні фільтри;
- векторні медіанний фільтри.

Всі алгоритми процедури контрастування, так чи інакше, виконують обробку

зображення, використовуючи гістограму розподілу яскравості елементів зображення, або в локальній області, або всього масиву даних. Найбільш часто використовуваних процедур контрастування:

- глобальне розтягнення;
- локальне розтягнення;
- локальне рівномірний перетворення;

3.2 Розробка алгоритму роботи програми

Бібліотека OpenCV — бібліотека функцій та алгоритмів з відкритим кодом, призначена для обробки зображень і чисельних алгоритмів загального призначення на основі комп'ютерного зору. Бібліотека була розроблена у 1999 році компанією Intel (Intel Research) з метою розвивати додатки, які навантажують CPU. На початкових етапах розробки ставили перед собою такі задачі: – забезпечити розвиток технологій у сфері комп'ютерного зору – створити бібліотеку з добре оптимізованим і відкритим кодом – створити умови для розвитку комерційних додатків на основі комп'ютерного зору. На сьогоднішній час підтримкою і подальшою розробкою займається Willow Garage та Itseez. Бібліотека реалізована на C / C++ і також доступні API для мов програмування Python, Java, Ruby, Matlab, Lua та інших. Спочатку OpenCV розроблялась C, тому досі є інтерфейс для цієї мови програмування. На даний момент існують також обгортки для OpenCV для мов програмування C#, C#, Perl, Haskell і Ruby. Ці обгортки були розроблені для того, щоб збільшити аудиторію. Розвиток бібліотеки продовжується на мові програмування C++. Так як проект з відкритим кодом, то участь у розробці проекту може брати кожен охочий [11]. OpenCV підтримує такі операційні системи:

- Windows;
- Linux;
- MacOS;

- FreeBSD;
- NetBSD;
- OpenBSD 24;
- Android;
- IOS;
- Maemo;
- BlackBerry.

На сьогоднішній день основний напрямок розвитку бібліотеки — інтеграція машинного навчання, для покращення результатів роботи [12]. Уже є підтримка таких фреймворків:

- TensorFlow (розроблений компанією Google);
- PyTorch (розроблений компанією Facebook);
- Caffe (розроблений науковцями з університету Каліфорнії).

Завдання комп'ютерного зору.

Всі завдання комп'ютерного зору зводяться до аналізу зображення або відеопотоку (По суті представляє з себе набір зображень, що змінюються), на якому потрібно перш за все виділити фрагмент, що містить необхідну інформацію [13].

Для виділення зазвичай використовують або прямокутну область, яка обмежує вихідний фрагмент, або просто виділяють пікселі, що належать йому.

Ідентифікація.

Завдання ідентифікації у тому, щоб класифікувати зображення цілком.

Для цього на зображенні виділяються ключові області і за ними відбувається класифікація, наприклад, за допомогою вирішальних дерев, або згорткових нейронних мереж .

Роспізнавання об'єктів.

Завдання полягає в тому, щоб за зображенням виділити на ньому деякий набір об'єктів.

Поки що завдання не вирішено у випадку – алгоритм неспроможна

класифікувати випадкові об'єкти на зображенні (рис. 3.1).

Однак здатний розпізнавати задалегідь завчений набір об'єктів із досить високою точністю.

Найпростішим методом детекції об'єктів є метод ковзного вікна методом R-CNN (Виділення регіонів за допомогою згорнутих мереж), при якому ми проходимося деяким вікном фіксованого розміру по кожному шматочку картинки, і застосовуємо до нього простий класифікація. навчений розпізнавати задалегідь певний набір об'єктів.

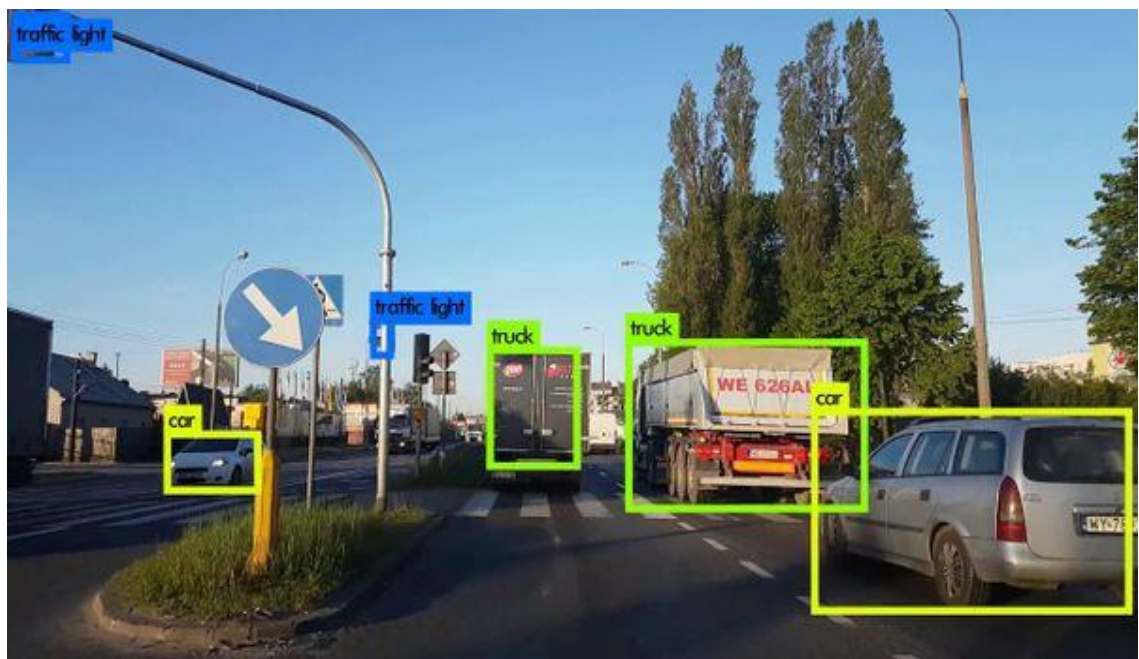


Рисунок 3.1 – Приклад розпізнання об'єктів

Модифікації цього методу, такі як Faster R-CNN, застосовуються до цих пір [14].

Сегментація зображень.

Завдання схоже на детекцію об'єктів, але, на відміну від неї, потрібно не оточити знайдені об'єкти рамками, а виділити пікселі, які цей об'єкт складають.

Сегментація застосовується в багатьох областях, наприклад, у виробництві для індикації дефектів при складанні деталей, в медицині для

первинної обробки знімків, а також для складання карт місцевості зі знімків із супутників.

Одним з типових способів сегментації є застосування моделі U-Net, що представляє з себе кілька шарів згорткової мережі, які різняться за розміром, і в сукупності мають U-подібну форму, що відображено в назві (рис. 3.2).



Рисунок 3.2 – Приклад сегментації зображень

Оцінка положення. Завдання оцінки становища об'єкта (англ. Pose Estimation), певною мірою продовжує завдання сегментації [15].

Полягає у виділенні деякого каркаса об'єкта (наприклад скелета, якщо йдеться про людей) та визначення положення цього каркаса на зображенні.

Цей скелет може бути використаний згодом, наприклад, для передбачення напрямку руху.

Залежно від кількості об'єктів, що розглядаються, розрізняють

одиначну оцінку положення (англ. Single-person pose estimation) і множинну (англ. Multi-person pose estimation).

Відмінність у тому, що у другий випадок необхідно враховувати, що об'єкти можуть накладатися друг на друга.

Для виконання цього завдання спочатку обрізається фон, залишаючи тільки зображення безпосередньо об'єктів, а потім для кожного з об'єктів за допомогою нейронних згорткових мереж виділяються області суглобів, які потім з'єднуються (рис. 3.3).

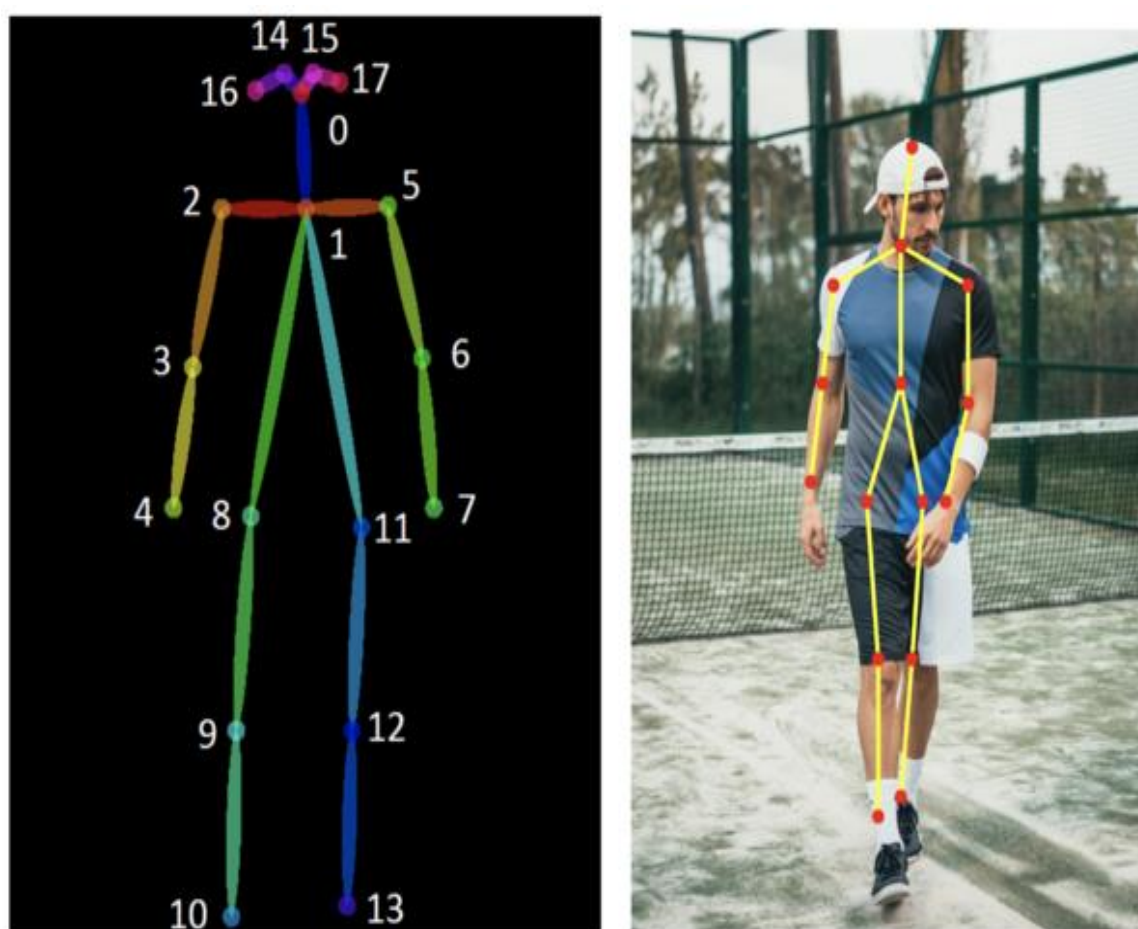


Рисунок 3.3 – Приклад сегментації зображення

Розпізнавання тексту. Одне із ключових завдань комп'ютерного зору.

Спочатку за допомогою алгоритмів детекції виділяється область у якій текст написаний, потім проводиться безпосередньо розпізнавання тексту,

наприклад, за допомогою алгоритмів сегментації.

При цьому завдання розпізнавання тексту написаного на аркуші паперу, та розпізнавання тексту написаного десь на зображенні (“in the wild”), наприклад текст на дорожньому знаку, номер машини і т. д., сильно різняться, через наявність в останньому випадку перешкод, які заважають виділити конкретні літери.

У цьому випадку може допомогти, наприклад, навчання прогнозу літери за іншими літерами в слові (рис. 3.4).



Рисунок 3.4 – Приклад розпізнавання тексту

Генерація об'єктів.

Завдання полягає в тому, щоб за відомим набором об'єктів навчитися

створювати схожі об'єкти, але при цьому не збігаються з жодним з тестових.

Наприклад, створювати анімаційних персонажів у стилістиці мультфільму, намалювавши руками лише пару з них.

Для цього застосовують такі архітектури як генеративно змагальні мережі при якій мережа ділиться на дві, одна з яких прагне створити об'єкт, а друга його відбракувати, абоваріаційний автокодировщик, що навчається на щільності ймовірностей вихідних даних з метою створити об'єкт схожий на вихідний, але не збігається з ним (рис. 3.5) [16].



Рисунок 3.5 – Приклад генерації об'єктів

Аналіз відео. Оскільки відео є набором зображень, однакового розміру, зазвичай зроблених через різні інтервали часу, то для нього застосовні всі ті завдання, які були описані раніше. Також з'являються такі завдання як пророцтво руху, що полягає в тому, щоб по набору кадрів передбачити положення об'єкта в наступних кадрах, або більш загальне завдання ситуаційної обізнаності (Situation Awareness), що полягає в тому, щоб для кожного об'єкта у відео вміти визначити його положення та статус на всіх

кадрах відео [17].

Принципова відмінність КЗ, що застосовуються у робототехніці, полягає у надзвичайно широкому діапазоні як підлягаючих виконання завдань, і умов їх виконання. Більшість наявних на ринку КЗ для промислових та інших застосувань є спеціалізованими, тобто призначені для виконання порівняно вузького класу завдань за цілком певних зовнішніх умов. На відміну від такого КЗ у робототехніці потрібна певна універсальність, а це означає, що вони повинні бути адаптивними, тобто в загальному випадку мати змінну структуру та налаштування параметрів [18]. Це може здійснюватися за допомогою оператора або автоматично. На рис. 3.1 показано відповідну функціональну схему КЗ [19].

Відповідно до описаних вище основних завдань, які вирішуються КЗ, їх алгоритмічне забезпечення загалом випадку включає:

- алгоритми попередньої обробки інформації, що отримується від датчиків зображення;
- алгоритми сегментації зображень та виділення характерних ознак;
- алгоритми кластеризації, класифікації та верифікації об'єктів довкілля.

Схема на рис. 3.1 реалізує відповідні етапи обробки інформації: попередня обробка, сегментація з виділенням інформативно значимих ознак, розпізнавання образів. На схемі показані варіанти структурної та параметричної адаптації на кожному з трьох рівнів та у загальних контурах оптимізація, що охоплює кілька рівнів. Це здійснюється трьома пристроями адаптації. На рівні передобробки, що здійснює загальне підвищення якості зображення, використовуються алгоритми обробки сигналів від відеодатчиків, засновані на сформованих методах побудови інформаційно–вимірювальних систем різного призначення.

Рівень сегментації та виділення значущих для подальшого розпізнавання ознак використовує такі алгоритми:

- виділення областей за яскравістю та кольором;

- виділення контурів;
- виділення рухомих об'єктів;
- виділення геометричних, частотних та ін. інформативних ознак зображення.

Типовий метод виділення контурів – це обчислення градієнта та порогове поділ, що визначає розриви інтенсивності зображення, у тому числі і на межі об'єкта та фону.

Рівень розпізнавання образів за виділеними ознаками використовує такі типи алгоритмів:

- реалізують різні вирішальні правила (імовірнісні, байєсові, мінімаксні, максимуму правдоподібності тощо);
- алгебраїчні (обчислення оцінок потенційних функцій, логічні, синтаксичні);
- асоціативні (кореляційні та ін).

Як було показано вище, завдання розпізнавання образів має три варіанти, кластеризацію, класифікацію та верифікацію. Для їх вирішення існують відповідні три підходу: у порівнянні зображення об'єкта з еталонним, з аналізу характерних ознак та з аналізу структури.

Перший підхід полягає в суміщенні зображення об'єкта, що розпізнається, з еталоном (зразком) шляхом повороту, масштабування та перенесення.

Другий підхід – параметричний заснований на переході від вихідного образу до набору характеризуючих його вербальних ознак – дескрипторів, якими здійснюється розпізнавання. Такими ознаками можуть бути геометричні параметри (розміри, форма, симетричність, колір та його нерівномірність і т.д.). У просторі цих ознак кожен об'єкт є точкою, а кожному класу образів відповідає певна область цього простору. (Її центр, очевидно, відповідає зразком у першому підході). Завдання розпізнавання полягає у визначенні, до якої з цих областей належить точка, що відповідає даному образу.

Третій підхід ґрунтується на структурному описі образів. Він застосовується для розпізнавання найскладніших образів, описи яких потрібна дуже велика кількість ознак, що змушує переходити до більш узагальненого структурного опису і відповідно до структурних ознак. Цей підхід називається лінгвістичним, тому що такі складні об'єкти можуть описуватися лише лінгвістично. Відповідно та їх ознаки теж є лінгвістичними, тобто синтаксичними [20].

Ці три підходи можуть застосовуватися у комбінації з метою підвищення якості, тобто точності та достовірності розпізнавання, паралельно чи послідовно. У першому випадку остаточне рішення щодо розпізнавання образу приймається в результаті вибору найбільш достовірного з отриманих у різний спосіб. Він отримав назву колективного розпізнавання образів.

Другий випадок може, наприклад, використовуватися під час вирішення завдання пізнання конкретного об'єкта. Спочатку визначаються об'єкти, що належать до відповідного класу а потім встановлюється ідентичність однієї з них заданому зразку, тобто здійснюється верифікація.

Підвищення якості розпізнавання образів при застосуванні кількох паралельно працюючих класифікаторів досягається за рахунок того, що в цих класифікаторах можуть використовуватися різні ознаки та алгоритми розпізнавання. При цьому для кожного чергового образа, що підлягає розпізнаванню, ефективність окремих класифікаторів буде різною і якийсь із них даватиме найкраще рішення. Існує два способи колективного розпізнавання – ієрархічний та з визначенням найбільш "компетентного" класифікатора.

Система розпізнавання за першим способом включає два рівня класифікаторів

Перший рівень становлять "базові" класифікатори, на які паралельно подається розпізнаване зображення, а другий рівень утворює вихідний класифікатор, який вибирає з усіх рішень базових класифікаторів одне як

остаточний, вихідний.

Одним із способів цього вибір є голосування. При статистичних методах розпізнавання у базових класифікаторах вихідне рішення визначається просто як рішення, що має найбільшу ймовірність.

При другому способі колективного розпізнавання для кожного вхідного образу визначається один компетентний класифікатор і його рішення приймається за вихідне.

Вибір такого класифікатора здійснюється за допомогою спеціального алгоритму, який полягає у наступному.

Весь простір ознак можна розділити на області “компетенції” окремих класифікаторів, де вони дають найточніше рішення порівняно з іншими класифікаторами.

Кордони цих областей формуються під час навчання класифікаторів і визначають вибір компетентного класифікатора кожного вхідного зображення.

Основні завдання при синтезі систем колективного розпізнавання – це вибір класифікаторів, тобто методів розпізнавання, та вибір вхідного рішення.

Найбільш поширений підхід до розпізнавання двовимірних об'єктів заснований на зіставленні з ідеалом за двовірними зображеннями можливе розпізнавання та тривимірних об'єктів, включаючи їхню третю координату – глибину, дальність.

Розпізнавання тривимірних об'єктів за їх 3D зображенням так само може здійснюватися подібно двовимірним шляхом суміщення з еталонами або за характерними ознаками хоча, звичайно, завдання у разі значно складніше передусім через очевидного ускладнення еталонів і більшої розмірності простору ознак (рис. 3.6).

Можливим завершенням процесу аналізу відеозображень може бути і реконструкція тривимірних об'єктів, наприклад, серед віртуальної реальності.

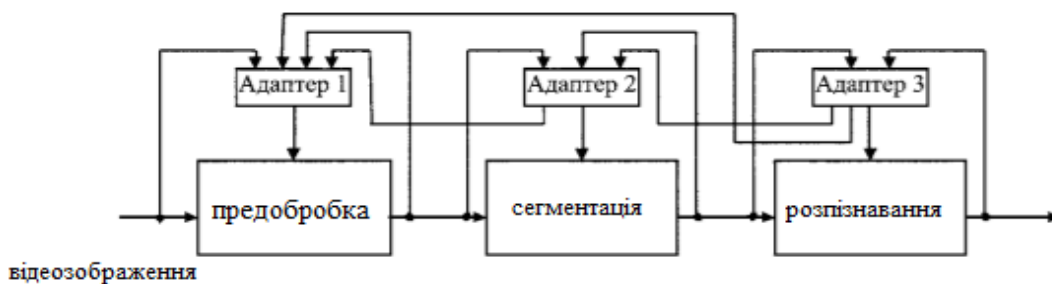


Рисунок 3.6 – Схема адаптивного КЗ

3.2 Реалізація окремих функцій програмного забезпечення

Для початку наведемо декілька прикладів коду робочої програми, яку ми використовуємо та пояснимо її функціонал (рис. 3.7).

```
private VideoCapture capture = null;
private DsDevice[] webCams = null;
private int selectedCameraId = 0;
private string fileName = string.Empty;

1 reference
public Form1()
{
    InitializeComponent();
}

//Load form
1 reference
private void Form1_Load(object sender, EventArgs e)
{
    webCams = DsDevice.GetDevicesOfCat(FilterCategory.VideoInputDevice);

    for (int i = 0; i < webCams.Length; i++)
    {
        toolStripComboBox1.Items.Add(webCams[i].Name);
    }
}
```

Рисунок 3.7 – Приклад ініціалізації змінних та методу загрузки форми

Для початку, необхідно ініціалізувати об'єкти класів, реалізуючих функціонал роботи з відеопотоками, для початку проініціалізуємо їх як null.

На рисунку 3.7 можна побачити як ми також створюємо метод з назвою

Form1_Load у якому реалізуємо логіку вибору відео пристрою із доступних системі.

Далі потрібно реалізувати обробку вибраного пристрою и почати транслявати зображення з нього у створений простір для зображень на формі.

На рисунку 3.8 наведено цю функцію, саме тут реалізована основна логіка програми, яка полягає у роботі із бібліотеками Open CV, які дозволяють обробляти інформацію із зображень, у програмі були реалізовані такі функції, як отримання відеопотоку з пристрою, обробка та збереження зображень, визначення об'єктів на зображенні, визначення відстані до об'єктів та також реалізована можливість обробки тексту через вхідне відео.

```
//To play video
1 reference
private void toolStripButton1_Click(object sender, EventArgs e)
{
    try
    {
        if (webCams.Length.Equals(0))
        {
            throw new Exception("There is no cameras!");
        }
        else if (toolStripComboBox1.SelectedIndex.Equals(null))
        {
            throw new Exception("You need to select camera");
        }
        else if (capture != null)
        {
            capture.Start();
        }
        else
        {
            capture = new VideoCapture(selectedCameraId);
            capture.ImageGrabbed += Capture_ImageGrabbed;
            capture.Start();
        }
    }
    catch (Exception ex)
    {
        MessageBox.Show(ex.Message, "Error!", MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Error);
    }
}
```

Рисунок 3.8 – Створення методу для трансляції зображення у додаток

Далі необхідно реалізувати функцію, яка буде роботати із отриманими з відеопотоку зображеннями, для цього було створено окрема форма у додатку, яка буде показувати користувачу текучі об'єкти та інформацію про них (рис. 3.9).

```

private void ScreenShotForm_Load(object sender, EventArgs e)
{
    FileName = $"CameraCapture_{DateTime.Now.Day}_{DateTime.Now.Month}_{DateTime.Now.Hour}_{DateTime.Now.Minute}_{DateTime.Now.Second}.jpeg";
    pictureBox1.Image = image.AsBitmap();
    Yolowrapper yolo = new Yolowrapper("yolov3.cfg", "yolov3.weights", "coco.names");

    MemoryStream memoryStream = new MemoryStream();
    pictureBox1.Image.Save(memoryStream, ImageFormat.Jpeg);
    List<YoloItem> items = yolo.Detect(Convert.ToString(memoryStream.ToArray()));
    Image finalImage = pictureBox1.Image;

    Graphics graph = Graphics.FromImage(finalImage);

    Font font = new Font("Consolas", 10, FontStyle.Bold);
    SolidBrush brush = new SolidBrush(System.Drawing.Color.Yellow);

    foreach (YoloItem item in items)
    {
        Point rectPoint = new Point(item.X, item.Y);
        System.Drawing.Size rectSize = new System.Drawing.Size(item.Width, item.Height);
        System.Drawing.Rectangle rect = new System.Drawing.Rectangle(rectPoint, rectSize);
        Pen pen = new Pen(System.Drawing.Color.Yellow, 2);
        graph.DrawRectangle(pen, rect);
        graph.DrawString(item.Type, font, brush, rectPoint);
    }

    pictureBox1.Image = finalImage;
}

```

Рисунок 3.9 – Реалізація функціоналу обробки інформації із зображень

3.3 Реалізація системи розпізнання об'єктів

Що таке виявлення об'єктів?

Виявлення об'єктів – це завдання у сфері комп'ютерного зору. Незважаючи на зв'язок із класифікацією зображень, виявлення об'єктів виконує класифікацію зображень у більш детальному масштабі. Виявлення об'єктів знаходить та категоризує сутності на зображеннях. Моделі виявлення об'єктів зазвичай навчаються з використанням глибокого навчання та нейронних мереж. Додаткові відомості: Порівняння глибокого та машинного навчання.

Використовуйте виявлення об'єктів, якщо зображення містить кілька різних типів об'єктів (рис. 3.9).

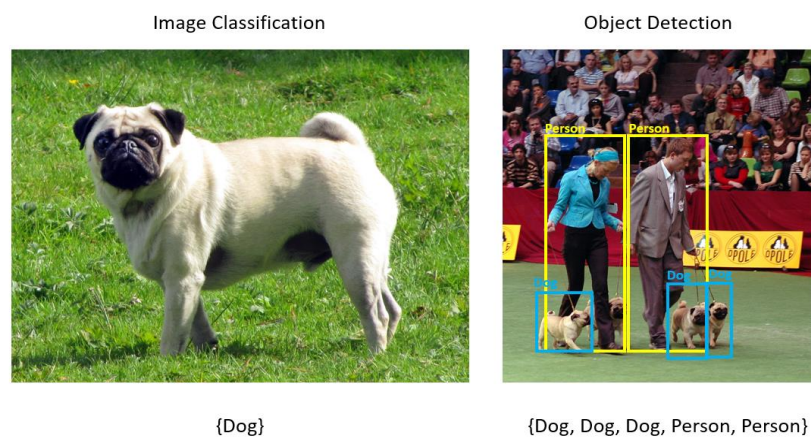


Рисунок 3.10 – Приклад розпізнання об'єктів

Вибір моделі глибокого навчання.

Глибоке навчання - це підмножина машинного навчання. Для навчання моделей глибокого навчання потрібні великі обсяги даних. Закономірності даних представлені рядом шарів. Зв'язки даних кодуються як з'єднання між шарами, що мають ваги. Чим вища вага, тим сильніший зв'язок. У сукупності цей ряд рівнів та сполук називають штучними нейронними мережами. Чим більше рівнів у мережі, тим глибша нейронна мережа.

Існують різні типи нейронних мереж; найпоширенішими є багаторівневий перцептрон (MLP), згорткова нейронна мережа (CNN) і рекурентна нейронна мережа (RNN). Найпростішим варіантом є MLP, який зіставляє набір входних даних із набором виходів. Ця нейронна мережа добре підходить, коли даних відсутній просторовий або тимчасовий компонент. CNN використовує шари згортки для обробки просторових даних, що містяться в даних.

Хорошим варіантом використання CNN є обробка зображень, що дозволяє виявити наявність певної риси у певному регіоні зображення (наприклад, чи є носа у центрі зображення).

Нарешті, RNN дозволяє використовувати збереження стану або пам'яті, що використовуються як входні дані. RNN використовуються для аналізу часових рядів, де важливі впорядкування та контекст подій.

Загальні відомості про модель

Виявлення об'єктів – це завдання обробки зображень. Тому більшість моделей глибокого навчання, призначених на вирішення цієї проблеми, ставляться до CNN.

Модель, що використовується в цьому посібнику, - Tiny YOLOv2, більш компактна версія моделі YOLOv2, описаної в документі "YOLO9000: краще, швидше та надійніше" (Редмон, Фархаді).

Модель Tiny YOLOv2 навчається на наборі даних Pascal VOC і складається з 15 рівнів, які можуть прогнозувати 20 різних класів об'єктів.

Оскільки Tiny YOLOv2 є стислою версією вихідної моделі YOLOv2,

між швидкістю та точністю є компроміс. Різні шари, що становлять модель, можна використовувати для візуалізації за допомогою таких засобів, як Netron.

Вивчення моделі призведе до зіставлення з'єднань між усіма шарами, які становлять нейронну мережу, де кожен шар міститиме ім'я шару разом з розмірами відповідних вхідних та вихідних даних. Структури даних, що використовуються для опису вхідних та вихідних даних моделі, називаються тензорами. Їх можна розглядати як контейнери, у яких дані зберігаються у N вимірах.

У випадку Tiny YOLOv2 ім'я вхідного шару – image, і він очікує 3 x 416 x 416 вимірювань у тензорі. Ім'я вихідного шару – grid; він створює вихідний тензор із 125 x 13 x 13 вимірювань (рис. 3.10).

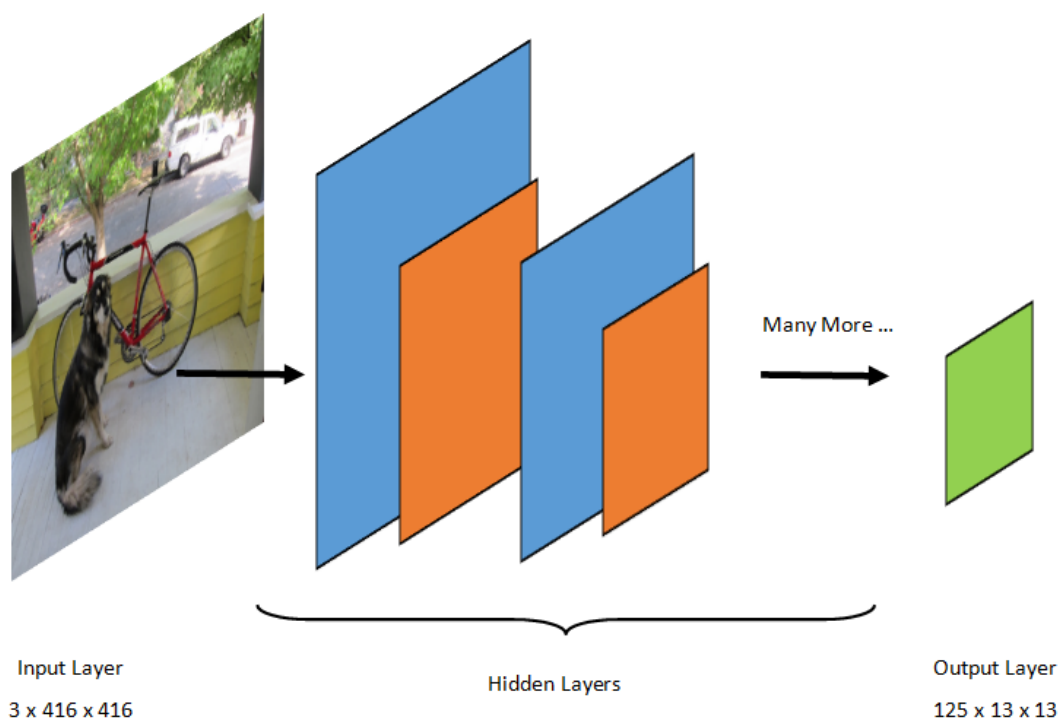


Рисунок 3.10 – Відображення моделі шарів для YOLOv2

Модель YOLO приймає зображення 3(RGB) x 416px x 416px. Модель приймає ці вхідні дані та передає їх через різні шари для створення вихідних

даних.

Вихідні дані ділять вхідне зображення на сітку 13 x 13, при цьому кожен осередок у сітці складається зі значень 125.

Що таке модель ONNX?

Open Neural Network Exchange (ONNX) – це формат із відкритим вихідним кодом для моделей ІІ. ONNX підтримує взаємодію між різними платформами. Це означає, що модель можна навчити в одній з багатьох популярних платформ машинного навчання, таких як PyTorch, перетворити її на формат ONNX і використовувати модель ONNX в іншій інфраструктурі, як ML.NET.

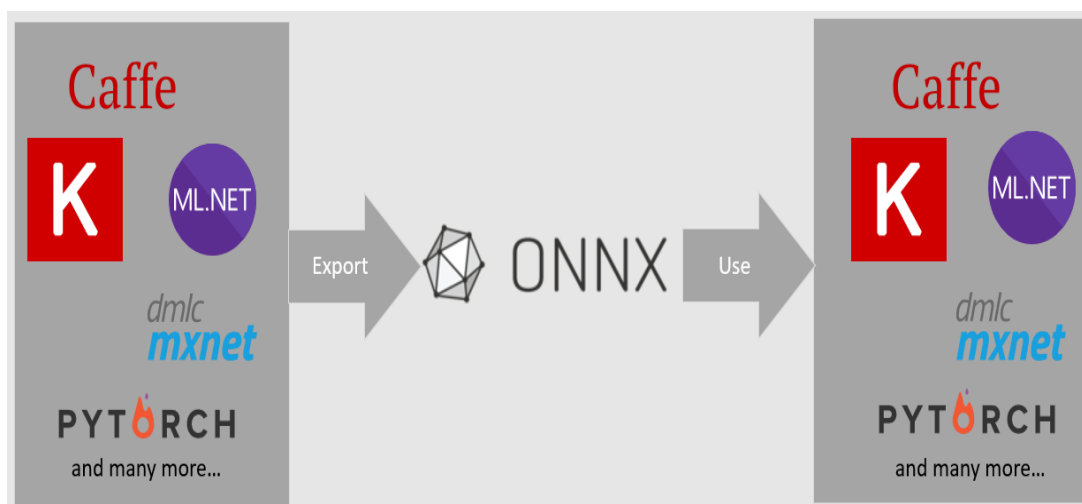


Рисунок 3.11 – Формати які підтримує ONNX

Попередньо навчена модель Tiny YOLOv2 зберігається у форматі ONNX: серіалізованому поданні шарів та отриманих закономірностях цих шарів.

У ML.NET взаємодія з ONNX досягається за допомогою пакетів NuGet ImageAnalytics та OnnxTransformer.

Пакет ImageAnalytics містить ряд перетворень, які приймають зображення та кодують його в числові значення, які можна використовувати як вхідні дані в конвеєрі прогнозування або навчання.

Пакет OnnxTransformer використовує середовище виконання ONNX для завантаження моделі ONNX та використовує її для створення прогнозів на основі наданих вхідних даних.

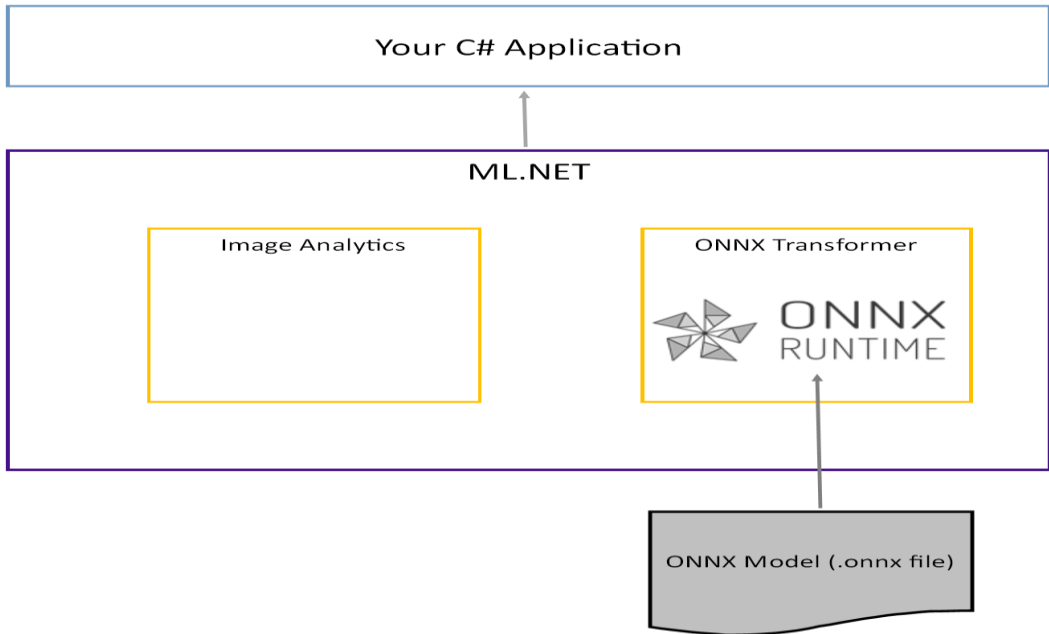


Рисунок 3.12 – Інтеграція ONNX моделі до програмного забезпечення

Створення засобу аналізу для вихідних даних моделі після обробки

Модель розділяє зображення на сітку 13 x 13, де кожен осередок сітки - це 32px x 32px. Кожна комірка сітки містить 5 можливих обмежуючих прямокутників об'єкта. Обмежуючий прямокутник містить 25 елементів (рис. 3.13)

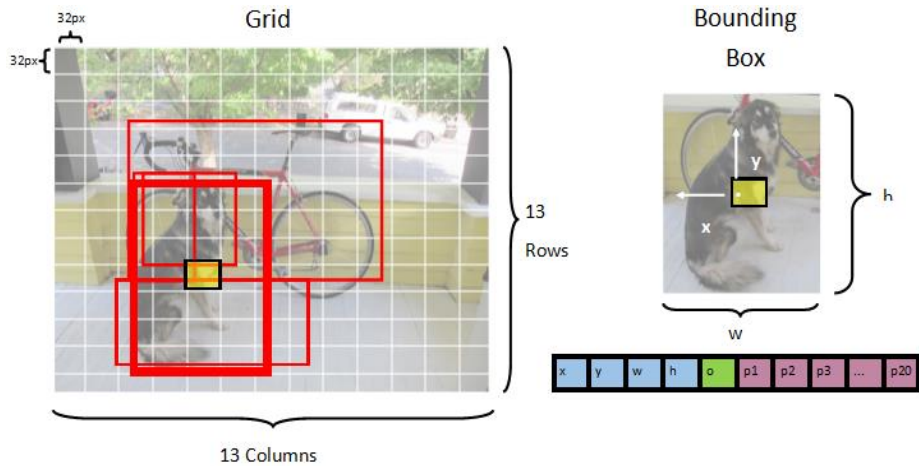


Рисунок 3.13 – Вихідна модель

x – координата по осі X для центру прямокутника, що обмежує, щодо осередку сітки, з якою він пов'язаний.

y – координата по осі Y для центру прямокутника, що обмежує, відносно осередку сітки, з якою він пов'язаний.

w – ширина прямокутника, що обмежує.

h – висота прямокутника, що обмежує.

o – значення достовірності того, що об'єкт існує в межах прямокутника, що обмежує, також відомий як оцінка об'єкта.

p_1 – p_{20} – ймовірності для кожного з 20 класів, що прогноуються моделлю.

Маємо 25 елементів, що описують кожен із п'яти обмежують прямокутників, становлять 125 елементів, які у кожному осередку сітки.

Вихідні дані, що формуються попередньо навченою моделлю ONNX, є масивом довжини 21125, що представляє тензорні елементи з $125 \times 13 \times 13$ вимірюваннями. Щоб перетворити прогнози, створені моделлю, на тензори, необхідно виконати деякі дії для постобробки.

Результати виконання програми

Як можна побачити на рисунку 3.14 модель добре визначає людину та маркує її текстом “Person”.

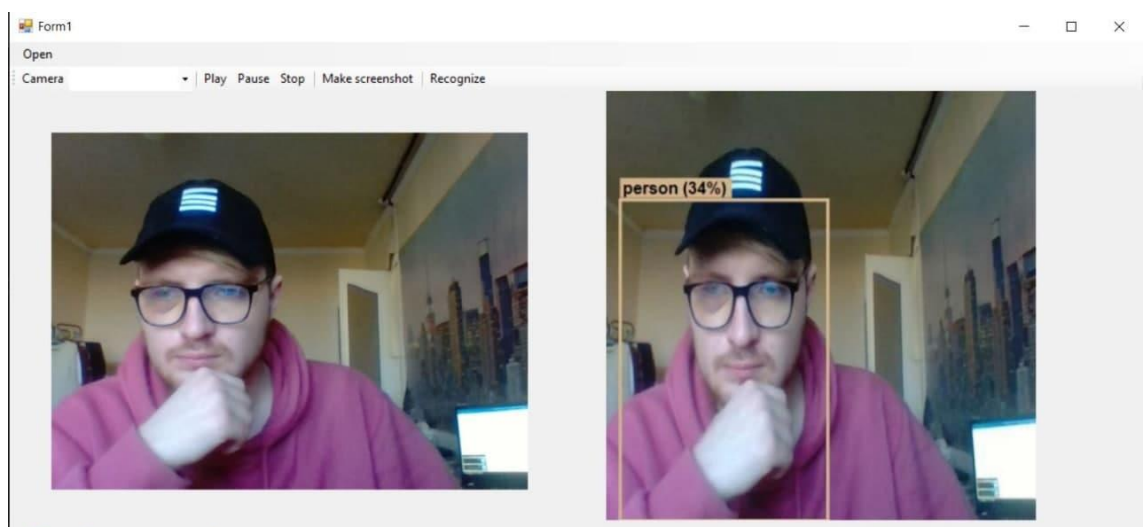


Рисунок 3.14 – Приклад виконання програми у якому визначається людина на зображенні

Як ми бачимо, система має обмеження у роздільній здатності зображення, як було описано вище, тому зображення у ході виконання програми конвертується до формату 416 пт x 416 пт.

Також використання бібліотеки має деякі похибки, які залежать від чіткості та освітлення зображення, як можна побачити на рисунку 3.15, програма добре розпізнає об'єкт велосипеда, та через недостатню освітленість та присутність у кадрі людина не була розпізнана.

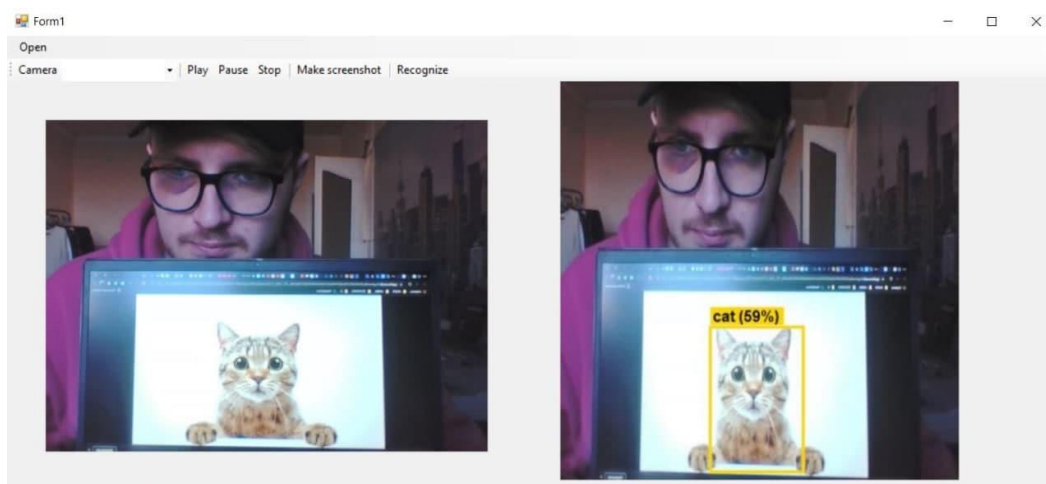


Рисунок 3.15 – Приклад виконання програми із похибкою у якому визначається кіт на зображенні

Також програма може визначати об'єкти які знаходяться у іншому об'єкті, так на рисунку 3.16 наведено приклад того, як програма визначила окуляри на обличчі людини, та саму людину у кадрі

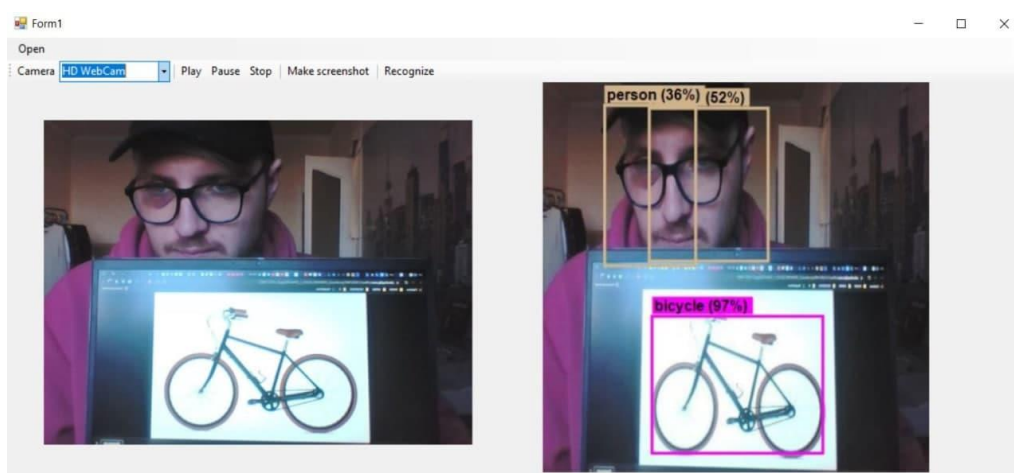


Рисунок 3.16 – Приклад виконання програми у якому визначається об'єкт в об'єкті на зображенні

3.3 Висновки до розділу 3

У цьому розділі було приведено види та приклади різноманітних алгоритмів та підходів до розробки технічного зору, також було обгрунтовано вибір технічних даних та обраних інструментів. Було наведено приклад реалізації за допомогою бібліотек Open CV та розписано реалізацію декількох функцій розробленого програмного забезпечення.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

Приміщення із робочими місцями користувачів комп'ютерів для забезпечення електробезпеки обладнання, а також для захисту від ураження електричним струмом самих користувачів ПК повинні мати достатні технічні засоби НПАОП 40 – Правила експлуатації електрозахисних засобів, НПАОП 40 – Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів, НПАОП 40 – Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок».

З метою запобігання ушкодженням, що можуть статися через ураження електричним струмом, загоряння, коротке замикання тощо, розроблено загальний стандарт безпеки ІЕС 950. Загальним стандартом електробезпечності для країн Європейської співдружності є Cemark.

Сучасний рівень технічного прогресу неможливий без широкого впровадження електроустаткування, що у свою чергу викликає необхідність постійного вдосконалювання вимог до його безпечного обслуговування й засобів захисту.

Робота в області електробезпеки повинна ґрунтуватися на продуманій, чіткій, конкретній системі заходів, що забезпечує повне й точне виконання «Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів» і «Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів». Особливу увагу керівники електрогосподарства повинні приділяти найсуворішому виконанню вимог зазначених Правил щодо утримування й експлуатації електричних мереж і станцій, включаючи розподільні пристрої, де за даними статистики найчастіше відбуваються нещасні випадки. Велика кількість нещасних випадків буває при обслуговуванні й ремонтах електроприводів, пускорегулюючої апаратури, електричного освітлення, зварювальних апаратів, електрифікованого транспорту, електроустаткування, піднімально-транспортних механізмів, ручного переносного електрифікованого інструменту, а також високочастотних установок.

Більша частина нещасних випадків відбувається через низький рівень організації робіт, грубих порушень Правил, у тому числі:

- безпосереднього дотику до відкритих струмоведучих частин і проводам.
- дотику до струмоведучих частин, ізоляція яких ушкоджена;
- дотику до металевих частин устаткування, що випадково під напругою;
- торкання до струмоведучих частин за допомогою предметів з низьким опором ізоляції;
- відсутності або порушення захисного заземлення;
- помилкової подачі напруги під час ремонтів або оглядів;
- впливу електричного струму через дугу;
- впливу крокової напруги й ін.

При ураженні електрострумом треба швидко вимкнути рубильник, обережно звільнити потерпілого від проводів, щоб не поширити дію струму на осіб, які беруть участь у наданні допомоги (звільнити потерпілого в гумових рукавицях або обгорнути руку сухою тканиною, стати на суху дошку чи килимок тощо).

Як встановлено численними дослідженнями, небезпека електричного струму полягає в тому, що внаслідок проходження через тіло людини фібриляційного струму, зумовленого прикладанням різниць потенціалів, відбувається судорожне скорочення м'язів, у тому числі м'язів, що здійснюють дихальний рух грудної клітки, забезпечують роботу серця.

Фібриляційним струмом, що безумовно, призводить до смертельного ураження людини, вважається струм силою 0,1 А. Сила струму визначається не тільки значенням напруги, а й опором тіла людини в момент доторкання до струмоведучої частини.

Ні в якому разі не можна натискувати нижче від краю грудини на м'які тканини, цим можна пошкодити розміщені в черевній порожнині органи. Слід також уникати натискання на кінці ребер, бо це може призвести до

перелому.

В оживленні беруть участь дві особи, у крайньому разі допомогу може надати й одна людина, яка по черзі проводить штучне дихання й масаж серця.

У разі ураження електричним струмом треба негайно подати потерпілому першу допомогу, бо це може закінчитись трагічно для нього. Негайно повідомити про нещасний випадок учителя або майстра, які знаходяться поблизу.

Потерпілого насамперед слід відірвати від електричних проводів. При цьому треба бути дуже обережним, бо від доторкання до потерпілого без додержання застережних заходів можна самому опинитися під дією струму.

Для відокремлення людини від електричних проводів, які перебувають під напругою, необхідно вжити таких заходів:

вимкнути струм рубильником або викрутити запобіжну пробку, чи перерубати струможивильні проводи, при цьому кожний провід треба розрізувати окремо. Інструмент, яким розрізуєш або розрубуюєш проводи, повинен бути з ручкою з ізоляційного матеріалу (сухого дерева, пластмаси, гуми та ін.);

відірвати потерпілого від проводу, схопивши його за одяг. Перш ніж торкнутися до потерпілого, слід ізолювати себе від нього, надівши гумові рукавиці, калоші або стати на гумовий килимок, лист фанери або на сухі дерев'яні дошки. Ні в якому разі не можна ставати на вогку землю;

якщо неможливо ізолювати себе від потерпілого, то слід відірвати його від проводу за допомогою дерев'яної дошки або палиці, діючи ними як важелями, якщо можливо, то слід вибити провід з рук потерпілого;

можна також замкнути на коротко проводи, внаслідок чого перегорять запобіжники і в мережі зникне струм. Замикання також відбудеться, якщо накинути на голі проводи дрот або вогку ганчірку.

Останні способи можна застосовувати лише тоді, коли немає змоги вимкнути рубильник або викрутити запобіжну пробку.

Звільнивши потерпілого від проводів, треба забезпечити йому доступ свіжого повітря, відчинити вікна й двері, якщо він перебуває в приміщенні, почати робити йому штучне дихання. Для цього слід:

покласти потерпілого на спину, голову відхилити трохи назад, розстебнути комір, зняти пасок, одяг, що заважає рухам, а також взуття;

за допомогою тупої викрутки, ложки або іншого подібного предмета розтиснути потерпілому зуби, видалити з рота й носа слиз та кров;

для кращого проходження повітря до легенів потерпілого бинтом або носовою хусточкою слід притиснути йому язик до нижньої щелепи, вставивши між зуби дерев'яну паличку, або тримати язик у витягнутому положенні пальцями, обгорнутими хустинкою;

потім, стоячи позаду голови потерпілого, взяти його за зігнуті руки нижче ліктя й відвести їх від грудної клітки у сторони вгору так, щоб плечові частини рук лягли поряд з головою (вдих), тримаючи в такому положенні близько трьох секунд, відвести руки вниз, обережно притискаючи їх до грудної клітки (лічачи чотири, п'ять, шість).

Надаючи першу медичну допомогу при ураженні електрострумом, слід звернути увагу на дихання, серцево-судинну систему потерпілого.

У разі припинення дихання, серцевої діяльності слід негайно розпочати непрямий масаж серця (натискувати долонями частими поштовхами в ділянці середини грудної кістки, трохи лівіше з ритмом 40-60 поштовхів за хвилину), штучне дихання рот у рот (попередньо закрити потерпілому ніс, вдихнувши повними грудьми, видихнути крізь марлю або носовичок у рот, крізь марлю або носовичок аналогічно робити видих у ніс). Штучне дихання роблять з частотою 16-18 раз на хвилину. Одночасно викликають спеціалізовану бригаду швидкої допомоги. Непрямий масаж серця, штучне дихання роблять до повного відновлення або до надання спеціалізованої допомоги [23].

При ослабленні серцевої діяльності дихання необхідно забезпечити потерпілому доступ свіжого повітря, дати понюхати нашатирного спирту, влити в рот чайну ложку чи 25 крапель кордіаміну, поплескати по щоках.

При пошкодженні шкіри – накласти стерильну пов'язку, направити потерпілого до лікаря.

Пошкоджену поверхню шкіри навколо опіку треба обробити зеленкою чи рожевим розчином марганцівки, повинна бути аптечка першої лікарської допомоги.

Штучне дихання треба робити безперервно до прибуття лікаря або до відновлення у потерпілого нормального дихання. Далі потерпілого треба відправити на медпункт.

Слід пам'ятати, що штучне дихання треба застосовувати не лише тоді, коли потерпілий виявляє ознаки життя, а й тоді, коли він не виявляє їх зовсім. Треба пам'ятати, що уявна смерть при ураженні електричним струмом у більшості випадків є лише глибокою непритомністю.

Перша допомога буде справді корисною для потерпілого при виконанні таких правил:

- подавати допомогу тільки в нещасних випадках при хворобливому стані, що загрожує життю, а не займатися лікуванням хворого;
- з'ясовуючи характер ушкоджень, не доторкатися до ушкоджених частин тіла, не обмацувати їх, а обмежитись лише розпитуванням, оглядом;
- якщо неможливо визначити характер ушкодження, слід вважати його найтяжчим;
- піклуватися не тільки про те, щоб допомогти потерпілому, а й про те, щоб не пошкодити йому: вибирати заходи допомоги безболісні, безпечні;
- вживати тільки найнеобхідніших заходів;
- твердо пам'ятати, що перша допомога не може замінити допомогу лікаря.

ВИСНОВКИ

В атестаційній роботі проаналізовано методи і підходи до рішення завдання визначення положення об'єкта у просторі з використанням систем технічного зору. Аналіз розглянутих популярних систем і методів вимірювання просторового положення об'єктів, а також алгоритмів та технологій навігації мобільного робота показав, що кожна з розглянутих систем має свої переваги і недоліки. Та використовується в залежності від поставлених перед даною системою цілей.

Як об'єкт досліджень та явищ було обрано мобільну платформу, яка у її промисловій версії може бути використана на виробництвах різного типу і виконувати різноманітні операції. Платформу було модифіковано за допомогою платформи Raspberry Pi та програмного забезпечення розробленого у ході роботи.

Предметом дослідження була система керування мобільного робота Festo Robotino яка також була модернізована після дослідження існуючих видів визначення об'єкту у просторі.

Як методи дослідження, було обрано розглядання та вивчення існуючих видів побудови сенсорних систем, методи опису мапінгу об'єктів та методи визначення положення у просторі за допомогою технічного зору.

Практична цінність та актуальність роботи полягає у мультиагентності системи та широкому спектру використання її як у промислових роботах так і у різноманітних сферах робототехніки.

Визначено оптимальні технології навігації мобільного робота та можливі шляхи подальшого розвитку. Створення централізованого інформаційного поля навігації і маршрутизації дозволить картографувати і локалізуватися на місцевості з великою точністю. Майбутнє за інтеграцією інформації про положення об'єкта з різних, за типом отримання даних, приладів.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. ДСТУ 3008:2015. Документація. Звіти у сфері науки та техніки. Структура та правила оформлення. [Чинний від 2015–06–22]. Вид. офіц. Київ, 2016. 29 с. (Інформація та документація).
2. Методичні вказівки з підготовки й оформлення кваліфікаційної роботи здобувачами другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, освітньо-професійних програм: «Автоматизоване управління технологічними процесами», «Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва», «Комп'ютеризовані та робототехнічні системи» / упоряд. І. Ш. Невлюдов, Р. В. Артюх, Н. П. Демська, В. В. Євсєєв, О. І. Филипенко, О. М. Цимбал. Харків : ХНУРЕ, 2021. 50 с.3.
3. Цимбал О.М., Бронніков А.І. Системи адаптації роботів і технологія OpenCV: Навчальний посібник – Харків: ХНУРЕ, 2019. – 148 с.
4. I. Nevliudov, O. Tsymbal, A. Andrusevitch, V. Gopejenko. Intelligent Decision-Making Support for Flexible Integrated manufacturing – Riga: ISMA, 2020. – 390 p.
5. Nevlyudov I., Tsymbal O., Bronnikov A. Intelligent means in the system of managing a manufacturing agent / Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2018. № 1 (3). – С. 33-47.
6. Вовк С.М., Гнатушенко В.В., Бондаренко М.В. Методи обробки зображень та компютерний зір : навч. посіб. С.М. Вовк, В.В. Гнатушенко, М.В. Бондаренко. 2016. 148 с.
7. Newcombe R. A., Lovegrove S. J., Davison A. J. DTAM: Dense tracking and mapping in real-time // IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV). Barcelona, 2019. P. 2320–2327.
8. Engel J., Schöps T., Cremers D. LSD–SLAM: Large–Scale Direct Monocular SLAM // Lecture Notes in Computer Science. Cham, 2015. P. 834–849.

9. Mur–Artal R., Montiel J. M. M., Tardos J. D. ORB–SLAM: A Versatile and Accurate Monocular SLAM System // IEEE Transactions on Robotics. 2015. Vol. 31, Issue. P. 815–820.
10. Self–adaptive Synchronous Localization and Mapping using Runtime Feature Models / Werner C. et. al. // Proceedings of the 7th International Conference on Data Science, Technology and Applications. 2018. Vol. 1. P. 409–418.
11. Нечипоренко О. В., Корпань Я. В. Біометрична ідентифікація і автентифікація особи за геометрією обличчя // Вісник Хмельницького національного університету. 2016. № 4. С. 133–138.
12. Nechyporenko O., Korpan Y. Analysis of methods and technologies of human face recognition // Technology Audit and Production Reserves. 2017. Vol. 5, Issue 2 (37). С. 4 – 10.
13. Путятін Є. П., Гороховатській В.О., Матат О.О. Методи та алгоритми комп'ютерного зору: Навч. посібник. Х: СМІТ, 2016. 236 с.
14. Working with Images – Emgu CV: OpenCV in .NET (C#, VB, C++ and more). Working with Images. URL: http://www.emgu.com/wiki/index.php/Working_with_Images (дата звернення: 15.11.2021).
15. Тимошук П. В. Штучні нейронні мережі. Штучні нейронні мережі. Навчальний посібник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, – 2021, – 444 с.
16. Брадски Г. Learning OpenCV . / Г.Р. Брадски, А.Каехлер – O'Reilly Media. 2018. 555 с.
17. Васильев В. Комп'ютерна графіка: Навчальний посібник / В.Е. Васильев, А.В. Морозов – СПб.: СЗТУ, 2015. 101с.
18. Волошин Н.В. Методи автоматичного розпізнавання автомобільних номерних знаків / Волошин Н.В., Федорів П.С. Тези доповіді на III Всеукраїнській науковотехнічній конференції «Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки і приладобудування». Тернопіль, ТНТУ, 2017. С. 137–138.

19. Pratt W.K. Digital Images Processing. Third edition. Wiley. 2016, С. 35
20. Зуева Е. Комп'ютерний зір в ім'я В.М.Келдиша ран – історія розвитку. /Е.Ю.Зуева. Математичні машини і системи, 2015, № 4. С. 18–26.