

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інформаційних технологій
Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та
робототехніки

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Перший (Бакалаврський)

Освітній рівень

Галузь знань 15 Автоматизація та приладобудування
Шифр і назва
Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
Шифр і назва
Освітня програма 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
Шифр і назва
на тему «Роботизована система комп'ютерного зору»

КвРАКІТ. 2020043.01.02.ПЗ

Виконав:
студент 3 курсу, група АКІТ_c-20-1



Підпис

Петро ПЕЛІХОВСЬКИЙ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник:
Канд. техн. наук, доцент



Підпис

Микола ФЕДУЛА
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер



Підпис

Людмила КОРЕЦЬКА
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:

Зав. кафедри: д-р техн. наук, проф.



Підпис

Валерій МАРТИНЮК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

20 червня 2023 р.

Хмельницький, 2023

Хмельницький національний університет

Факультет інформаційних технологій

Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та
робототехніки

Освітній рівень перший (бакалаврський)

Галузь знань 15 – Автоматизація та приладобудування

Спеціальність 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітня-професійна програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою АКТІТ Р

В. Мертвиш
«01» 02 2023 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Пеліховський Петро Вячеславович

1 Тема роботи: Роботизована система комп'ютерного зору
керівник роботи Федула М.В., к.т.н, доцент

Затверджено наказом по університету від «01» березня 2023р. № 5.

2 Строк подання студентом роботи на кафедру: 01.06.2023р.

3 Вихідні дані (характеристика об'єкта, умов дослідження та ін.)

Мета роботи: розроблення та моделювання роботизованої системи
комп'ютерного зору

Об'єкт: процес функціонування систем комп'ютерного зору.

Предмет: методи та алгоритми обробки зображень у системах
комп'ютерного зору.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити)

Вступ. Основна частина. Програмні засоби, які використовувались для
забезпечення візуального зору робота. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

1. Система комп'ютерного зору

2. Підсистеми для отримання зображень та визначення контурів

3. Підсистеми обробки зображень





Завдання отримав



Науковий керівник



Консультанти розділів кваліфікаційної роботи


Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Антиплагіат	Федула М.В.		
Нормоконтроль	Корецька Л.О.		

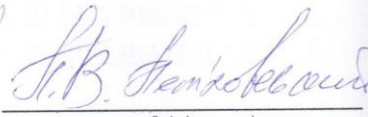
7. Дата видачі завдань « 01 » 02 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН


№ п/п	Назва етапів (розділів) дипломної роботи	Строк виконання етапів дипломної роботи	Примітка
1	Вступ	15.02.2023р.	Виконано
2	Основна частина	15.03.2023р.	Виконано
3	Аналіз характеристик роботизованої системи комп'ютерного зору	10.04.2023р.	Виконано
4	Висновок	10.05.2023р.	Виконано
5	Оформлення пояснювальної записки до КРБ	25.05.2023р.	Виконано
6	Оформлення презентаційних матеріалів	1.06.2023р.	Виконано

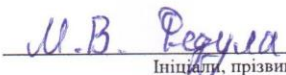
Студент


Підпис


Ініціали, прізвище

Керівник роботи


Підпис


Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Роботизована система комп'ютерного зору».

Автор роботи: Пеліховський Петро Вячеславович

Керівник роботи: Федула Микола Васильович

Пояснювальна записка: 55 с., 8 рис., 3 дод., 33 джерела.

Графічна частина: 3 креслення.

РОБОТИЗОВАНІ СИСТЕМИ, СЕРВОПРИВОДИ, КОМП'ЮТЕРНИЙ ЗІР, ВІДЕОЗОБРАЖЕННЯ, ВИДІЛЕННЯ КОНТУРІВ ОБ'ЄКТІВ.

Мета кваліфікаційної роботи – розроблення та моделювання роботизованої системи комп'ютерного зору. У роботі сучасний стан розвитку робототехніки та систем комп'ютерного зору. Розроблено структуру та імітаційну модель роботизованої системи комп'ютерного зору. Проведено аналіз параметрів та характеристик розробленої системи комп'ютерного зору з виділенням контурів об'єктів у відеозображенні.



Підпис студента



Дата

ЗМІСТ

ВСТУП	3
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	6
1.1 Робототехніка	8
1.2 Комп'ютерний зір.....	10
1.3 Области застосування роботів з комп'ютерним зором	13
1.3.1 Промислові роботи з комп'ютерним зором	14
1.3.2 Комп'ютерний зір у медичній робототехніці.....	17
1.3.3. Космічні дослідження.....	18
1.3.4 Побутова робототехніка з комп'ютерним зором	19
1.3.5 Роботи з комп'ютерним зором в освіті	21
1.4 Висновки до першого розділу.....	22
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА.....	27
2.1 Система управління	27
2.2 Сервоприводи із системами комп'ютерного зору	30
2.3 Комп'ютерний зір	32
2.4 Реалізація та алгоритм	36
2.5 Висновки до другого розділу	47
3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ РОЗШИРЕННЯ ВІЗУАЛЬНОГО ЗОРУ РОБОТА	48
3.1 Устаткування	49
3.2 Експерименти і аналіз отриманих даних	49
3.3 Кількісні результати.....	50
3.4 Інтерпретація даних	51
3.5 Якісний аналіз.....	53

КвРАКІТ. 2020043.01.02.ПЗ								
					Роботизована система комп'ютерного зору Пояснювальна записка			
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		Літера	Аркуш	Аркушів
Виконав		Пеліховський П.В.		20.06.23		у	2	61
Перевір.		Федула М.В.		20.06.23				
Т.Контр								
Н.контр.		Корецька Л.О.		20.06.23	ХНУ, АКІТс-20-1			
Затвер.		Мартинюк В.В.		20.06.23				

3.6 Висновки до третього розділу	54
ВИСНОВКИ.....	55
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	58
ДОДАТОК А Система комп'ютерного зору	63
ДОДАТОК Б Підсистеми для отримання зображень та визначення контурів	64
ДОДАТОК В Підсистеми обробки зображень.....	65

ВСТУП

Актуальність теми. Системи комп'ютерного зору є актуальною та широко використовуваною технологією в сучасному світі. Завдяки постійному розвитку обчислювальних потужностей та алгоритмів комп'ютерного зору, ці системи здатні розпізнавати та аналізувати зображення та відео з високою точністю [1].

Актуальність систем комп'ютерного зору проявляється в багатьох сферах, включаючи медицину, автомобільну промисловість, безпеку, робототехніку, рекламу, відеоспостереження та інтерактивні системи. Наприклад, у медицині системи комп'ютерного зору можуть використовуватись для автоматичної діагностики медичних зображень, виявлення патологій або відслідковування руху органів в реальному часі [2].

У автомобільній промисловості системи комп'ютерного зору допомагають в розпізнаванні дорожніх знаків, детекції перешкод та автоматичному керуванні. В сфері безпеки вони можуть бути використані для виявлення вторгнень, розпізнавання облич, відслідковування об'єктів або аналізу поведінки людей.

Також системи комп'ютерного зору застосовуються в робототехніці для навігації, розпізнавання об'єктів та виконання складних завдань. У рекламі вони можуть бути використані для спрямованого таргетингу та аналізу реакцій користувачів. Відеоспостереження з використанням систем комп'ютерного зору дозволяє автоматично виявляти підозрілу активність, виявляти аномальні події та відстежувати об'єкти в режимі реального часу [3].

Загалом, системи комп'ютерного зору є актуальним та потужним інструментом, який відкриває безліч можливостей у багатьох галузях. Постійний прогрес у цій області дозволяє досягати все більш точних та

складних завдань, що робить їх необхідними для розвитку сучасного суспільства.

Метою роботи є розроблення та моделювання роботизованої системи комп'ютерного зору.

Для досягнення цієї мети необхідно розв'язати такі завдання:

1. Розроблення засобу для визначення контурів об'єктів .
2. Розроблення блок-схеми системи для аналізу зображень.
3. Оцінка та тестування розробленої системи комп'ютерного зору.

Об'єктом дослідження є процес функціонування систем комп'ютерного зору.

Предметом є методи та алгоритми обробки зображень у системах комп'ютерного зору.

Методи досліджень. При вирішенні поставлених завдань у роботі були використані методи обробки зображень, теорії управління та комп'ютерного зору.

Практична значимість отриманих результатів: можливості впровадження роботизованої системи комп'ютерного зору в сфері медицини, військові, побутові, промислові, будівельні, ігрові ті ін.

Кваліфікаційна робота складається із вступу, трьох розділів, висновків до кожного розділу, висновків, списку використаних джерел, додатків. Загальний обсяг роботи складає 55 сторінок комп'ютерного тексту, у тому числі: 8 рисунків та 5 таблиць, список використаних джерел вміщує 33 найменування.

У вступі обґрунтована актуальність кваліфікаційної роботи, сформульовано мету та задачі кваліфікаційної роботи, відображено її практичне значення.

В першому розділі наведено огляд останніх результатів досліджень у галузі роботизованих систем комп'ютерного зору.

У другому розділі були розглянуті наступні питання:

					КВРАКІТ. 2020043.01.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		4

1. Система управління
2. Візуальний сервозахист
3. Комп'ютерний зір
4. Опис маніпуляцій об'єкта
5. Висновки до другої частини

У третьому розділі було сказано про програмне забезпечення яке використовувалось для створення системи комп'ютерного зору, також все устаткування, експерименти і аналізи, кількісні результати, інтерпретація даних, якісний аналіз.

					КвРАКІТ. 2020043.01.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		5

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

У сучасній індустрії роботи випускаються серійно і без багатьох з них складні діагностичні процедури були б зовсім неможливі. У 1985 році робот Unimation Puma 200 допомагав у взятті біопсії мозку в пацієнта, що стало значним проривом робототехніки в медицині. Пізніше, через 7 років робот ProBot зробив вперше в світі самостійно операцію.

Сфера сервісу та робототехніки стрімко розвивається з появою нових технологій та нових потреб [4]. На рисунку 1.1 показано приклад нещодавно створеного робота, що ілюструє цей розвиток. Цей домен включає роботів, які працюють у неструктурованих середовищах з невеликою кількістю попередньої інформації або навіть без неї. На відміну від промислової робототехніки з визначеними обмеженнями, завдання змінні і повинні виконуватися автономно.

Існує велика кількість підходів і прийомів для планування і контролю руху робота. Деякі методики вже надійно працюють для конкретних завдань і використовуються в споживчих товарах. Одна з методик для більш комплексних областей діяльності відома під терміном візуальний сервопривід. Підхід візуального сервоприводу полягає в обробці сенсорних даних оптичних датчиків, таких як камери [5]. При цьому виходить геометрична і якісна інформація без фізичної взаємодії.

Предметом даної кваліфікаційної роботи є розширення візуального сервеювання, що дозволяє роботу оцінити глибину і положення об'єкта під час його руху [6]. Крім того, робот здатний працювати з будь-яким маніпулятивним об'єктом без специфічних візуальних маркерів. Для порівняння, візуальний. Використовує специфічну інформацію про об'єкти. Ця інформація дається або у вигляді еталонного зображення, або у вигляді геометричної інформації про об'єкт. Ця інформація використовується, щоб планувати і контролювати рух і взаємодію [7].

Як приклад розглянуто сервісного робота на рисунку 1.1., який використовує дані зображення, щоб мати можливість маніпулювати об'єктами в своєму середовищі.

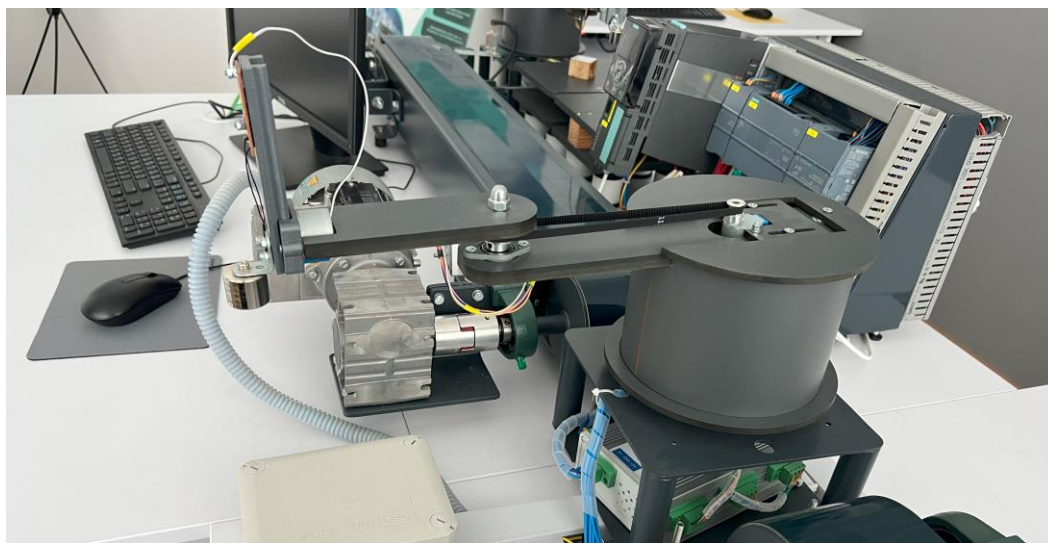


Рисунок 1.1 – Роботи Siemens

На стенді реалізована конфігурація робототехнічної системи Ішуьуті, що включає в себе програмовані логічні контролери (ПЛК) Simatic, комп'ютер зі встановленим середовищем програмування та конфігурації апаратних засобів, комутаційне обладнання з використанням мережевих інтерфейсів Profibus та Industrial Ethernet, блоки вводу/виводу дискретних та аналогових електричних сигналів для імітації технологічного процесу [8]. Як програматор, використовують ПЕОМ з ліцензійною системою програмування TIA (Totally Integrated Automation) Portal (V15).

ПЛК SIMATIC – це нове сімейство системних мікроконтролерів для вирішення найрізноманітніших завдань автоматизації малого рівня [9]. Ці контролери мають модульну конструкцію і універсальне призначення. Вони здатні працювати в реальному масштабі часу, можуть використовуватися для побудови відносно простих вузлів локальної автоматики або вузлів комплексних систем автоматичного керування, що

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

підтримують інтенсивний комунікаційний обмін даними через мережі Industrial Ethernet/PROFINET, PROFIBUS, а також PtP (Point-toPoint) з'єднання.

1.1 Робототехніка

Робототехніка є мультидисциплінарною галуззю досліджень. Враховуючи цей факт, неможливо проілюструвати всі галузі в цьому розділі і тому представлені тільки найважливіші прийоми щодо необхідних коригувань.

Сучасні роботи – високотехнологічні пристрої, що виконують виробничі, транспортні, сервісні та навчальні функції [12-16]. Вони здатні замінити людину у багатьох галузях та працювати у високопродуктивному та інтенсивному режимі, а саме забезпечують високу точність виконуваних операцій; можуть імітувати біокінетику тіла людини та тварин і допомагають повернути мобільність людям з обмеженими фізичними можливостями; ефективно виконують свою функцію у складних умовах експлуатації, наприклад, при наявності радіації та впливі високих температур.

Виробничі маніпулятори, роботи-безпілотники, інтерактивні іграшки, роботи-хірурги, побутові андроїди, роботи-собаки, дрони, роботи-укладачі цегли та інше – це вже наша реальність. Їм не дивуються навіть діти, а дорослі все активніше використовують їх у різних цілях.

Сучасна робототехніка - це широка та швидкозростаюча галузь, що охоплює створення та застосування роботів для виконання різноманітних завдань у різних сферах життя. Класифікація сучасної робототехніки залежить від кількох факторів, таких як ціль використання, призначення, механічна конструкція та ступінь автономності. Розглянемо детальний опис різних класів робототехніки.

1. Промислові роботи призначені для автоматизації виробничих процесів у різних галузях промисловості. Вони зазвичай мають жорстку механічну структуру, велику точність та високу вантажопідйомність. Промислові роботи здатні виконувати повторювані та важкі завдання, такі як зварювання, обробка, пакування та монтаж. Вони допомагають підвищити продуктивність, знизити витрати та забезпечити безпеку на виробництві.

2. Медичні роботи застосовуються у медицині для покращення діагностики, лікування та відновлення пацієнтів. Вони можуть бути використані для хірургічних процедур, діагностичного обладнання, телемедицини та реабілітації. Медичні роботи допомагають збільшити точність операцій, знизити ризик ускладнень та забезпечити більші можливості для мінінвазивних процедур.

3. Побутові роботи призначені для підтримання комфорту та зручності у побуті. Вони можуть використовуватись для прибирання, кулінарії, догляду за домашніми тваринами та інших побутових завдань. Побутові роботи здатні зберігати час та зусилля, забезпечуючи підтримання чистоти та організованості вдома.

4. Експлораційні роботи застосовуються для дослідження незвіданих територій, таких як космос, глибинні океани та важкодоступні місця. Ці роботи забезпечують людству можливість вивчення та збільшення знань про невідомі області, де людина не може безпечно перебувати.

5. Військові роботи використовуються у військових діях для розвідки, оборони та виконання важливих завдань без ризику для життя солдатів. Вони можуть бути дронами, бойовими роботами, розвідувальними системами та іншими засобами.

6. Соціальні роботи призначені для взаємодії з людьми та надання допомоги у соціальних ситуаціях. Вони можуть бути використані для

навчання, підтримки психологічного стану, допомоги людям з обмеженими можливостями та старшим людям.

Загалом, робототехніка забезпечує великий потенціал для розвитку і вдосконалення різних аспектів життя людей. Вона вносить значний внесок у покращення продуктивності, безпеки, зручності та якості життя. Застосування роботів в різних галузях значно розширює можливості сучасної технології та сприяє досягненню нових вершин у науці, медицині, промисловості, дослідженнях та соціальних сферах.

1.2 Комп'ютерний зір

Класифікація систем комп'ютерного зору базується на різних аспектах та характеристиках цих систем. Залежно від призначення, функцій та характеристик, системи комп'ютерного зору можуть бути класифіковані на кілька типів. Основними категоріями класифікації є:

1. Залежно від призначення:

а) промислові системи комп'ютерного зору використовуються в промислових процесах для автоматизації виробництва, контролю якості, розпізнавання дефектів, навігації роботів та інших задач та допомагають підвищити продуктивність, ефективність та надійність промислових процесів;

б) медичні системи комп'ютерного зору використовуються в медицині для діагностики, лікування та моніторингу пацієнтів, здатні виявляти патології на медичних зображеннях, допомагають лікарям при прийнятті рішень та покращують результати лікування;

в) робототехнічні системи комп'ютерного зору використовуються для взаємодії роботів з оточуючим середовищем, виявлення та відстеження об'єктів, навігації та уникнення перешкод та забезпечують роботам здатність працювати автономно та ефективно в різних умовах;

г) системи безпеки та нагляду використовуються для виявлення незвичайних подій, інтрузій та загроз безпеці на об'єктах нагляду та допомагають забезпечити безпеку просторів та підвищити рівень контролю.

2. Залежно від технології:

а) нейронні мережі використовуються для навчання систем комп'ютерного зору та розпізнавання об'єктів на зображеннях і дозволяють створювати складні та гнучкі моделі для класифікації та розпізнавання;

б) методи обробки зображень використовуються для покращення якості зображень, виявлення контурів, видалення шумів, визначення текстур та інших характеристик зображення.

3. Залежно від рівня автономності:

а) офлайн системи використовуються для аналізу статичних зображень або відео без можливості взаємодії з реальним світом, здатні обробляти великий обсяг даних, але не здатні взаємодіяти у реальному часі;

б) системи реального часу, які використовуються для обробки відео та взаємодії з реальним світом у реальному часі, і забезпечують швидку реакцію на зміни в навколишньому середовищі та можуть використовуватись у системах навігації, робототехніці та інших додатках, де часові обмеження мають велике значення.

4. Залежно від типу даних:

а) відеосистеми комп'ютерного зору використовуються для аналізу та обробки відео з використанням різних алгоритмів та методів;

б) системи комп'ютерного зору для обробки зображень використовуються для аналізу та обробки статичних зображень.

Задачі комп'ютерного зору передбачають також певний рівень невизначеності. Це є основною причиною використання теорії нечіткої логіки. Вважається, що значного покращення в задачах комп'ютерного бачення можна досягнути, якщо збільшити кількість інформації, яку можна обробити за адекватний період часу.

Але, хоча людина не вміє обробляти величезні потоки даних в реальному часі, вона виконує задачу розпізнавання дуже успішно. Вміння підбирати потрібний рівень деталізації — ось що дозволяє людині розпізнавати об'єкти, а занадто загальний опис може призвести до пропуску важливих деталей, з одного боку та відвести увагу від основних характеристик, з іншого. Теорія нечіткої логіки дозволяє варіювати цим рівнем узагальнення, змінюючи кількість лінгвістичних змінних в системі.

Системи комп'ютерного зору повинні вміти представляти невизначеність та передбачати відрізок. З нечіткими висловлюваннями можна виконувати багато операцій традиційної логіки, це: заперечення, кон'юнкція, диз'юнкція, імплікація, еквівалентність тощо.

Існує декілька типів нечітких множин. Перший тип пов'язує з множиною функцію, яка має досить конкретні значення, тобто є чіткою, і багато дослідників критикують теорію нечітких множин через це.

Основними кроками проектування систем на базі нечіткої логіки є:

1) фаззифікація — підбір лінгвістичних змінних, визначення потрібного рівня деталізації;

2) підбір функцій належності для кожної нечіткої множини кожної лінгвістичної змінної;

3) вибір бази нечітких правил таким чином, щоб мінімізувати їх кількість та максимізувати точність;

4) дефаззифікація — приведення виходу системи до чіткого вигляду, лінгвістичні змінні, які використовуються як вихід системи

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

часто неможливо прямо застосувати для розв'язання задачі, зазвичай їх потрібно перевести в кількісний вигляд (цей крок часто називають редукцією, найпоширенішим методом є редукція з використанням центру множини).

Нечіткі множини можуть використовуватись для опису понять типу «близько»/«далеко», а також для визначення чітких областей зображення, що відповідають поняттю «північносхідний». Просторове розташування об'єктів один відносно іншого має велике значення в задачах комп'ютерного бачення і, хоча людина легко може описати його, дуже важко навчити автоматичну систему розв'язувати цю задачу саме через нечіткість визначень. Просторове відношення об'єктів і його зв'язок з розумінням людиною зображеного, є дуже важливим, тому дослідники розглядають цю проблему з точки зору лінгвістики та психології.

Просторові відношення «над» чи «зліва» не мають точних визначень і тому є хорошим прикладом для застосування нечітких множин. Проте, суб'єктивність і складність цих концепцій зумовлює складність об'єктивного визначення просторових відношень, що зумовило наявність великої кількості нечітких визначень. Комп'ютерне бачення — досить широка область, яка включає в себе багато різних задач.

1.3 Області застосування роботів з комп'ютерним зором

Роботи - це механічні або електронні пристрої, які здатні виконувати різні завдання без прямого участі людини. Робототехніка використовує принципи механіки, електроніки, комп'ютерних наук та інших галузей для створення та програмування роботів [10].

Ось декілька прикладів областей застосування роботів з комп'ютерним зором:

1. Промислові роботи. Роботи використовуються в промисловості для автоматизації виробничих процесів. Вони можуть виконувати

завдання з точністю та швидкістю, недоступними для людини. Роботи використовуються в автомобільній, електронній, харчовій та інших галузях промисловості.

2. Медицина. Робототехніка використовується в медицині для виконання хірургічних операцій, реабілітації пацієнтів та надання допомоги людям з обмеженими можливостями. Хірургічні роботи забезпечують велику точність та допомагають зменшити ризик під час операцій.

3. Космічні дослідження. Роботи використовуються у космічних місіях для дослідження космосу. Вони можуть виконувати завдання на планетах, де умови для життя непридатні для людей. Роботи збирають дані та виконують наукові експерименти [11].

4. Побутова робототехніка. Роботи використовуються в побуті для автоматизації рутинних задач. Наприклад, пилососи-роботи, масажні роботи, роботи-помічники для людей похилого віку тощо.

5. Освіта. Робототехніка використовується в освітніх закладах для вивчення наукових принципів та розвитку навичок учнів. Роботи можуть бути використані для навчання програмування, інженерії та творчості.

1.3.1 Промислові роботи з комп'ютерним зором

Комп'ютерний зір, або системи комп'ютерного зору, займають важливе місце в сучасній промисловості. Ця технологія використовується для автоматизації процесів контролю, інспекції та розпізнавання об'єктів у виробничих середовищах. Роботи з комп'ютерним зором у промисловості забезпечують багато переваг, таких як підвищена точність, швидкість та надійність процесів, а також зниження впливу людського фактора на якість продукції.

Однією з основних областей застосування роботів з комп'ютерним зором у промисловості є контроль якості. Вони здатні автоматично інспектувати вироблені деталі, компоненти або вироби та виявляти відхилення від заданих стандартів. Це дозволяє вчасно виявляти дефекти,

помилки або несумісності, забезпечуючи високу якість продукції та уникнення відхилень.

Роботи з комп'ютерним зором також застосовуються у процесах розпізнавання об'єктів і класифікації. Завдяки розвитку алгоритмів машинного навчання, системи комп'ютерного зору можуть навчитися розпізнавати різні типи об'єктів, від простих елементів до складних систем. Це дозволяє автоматизувати процеси сортування, розподілу або розпізнавання продуктів, що прискорює виробничі процеси та забезпечує більшу точність.

Ще однією важливою галуззю застосування роботів з комп'ютерним зором є навігація та керування в реальному часі. Вони допомагають роботам та автономним системам розпізнавати оточуюче середовище, навігувати у просторі та приймати рішення на основі отриманих даних. Це особливо важливо в роботизованих системах логістики, автоматичних транспортних засобах або системах безпілотного управління.

Роботи з комп'ютерним зором у промисловості вимагають високої якості обладнання та програмного забезпечення, а також глибоких знань та експертизи у сфері комп'ютерного зору. Це включає розробку ефективних алгоритмів обробки зображень, створення точних моделей розпізнавання та використання потужних комп'ютерних систем для обробки великого обсягу даних у реальному часі.

Вимоги до якості та надійності роботів з комп'ютерним зором в промисловості є критичними, оскільки ці системи виконують важливі завдання, вимагаючи точності, стабільності та надійності. Промислові застосування роботів з комп'ютерним зором охоплюють широкий спектр галузей, таких як автоматизація виробництва, контроль якості, логістика, медицина та інші. У таких вимогливих середовищах необхідно враховувати деякі ключові аспекти.

					КВРАКІТ. 2020043.01.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		15

Перш за все, якість обробки зображень є важливим фактором. Роботи з комп'ютерним зором повинні забезпечувати високу якість розпізнавання та аналізу зображень. Це означає, що система повинна бути здатною розпізнавати об'єкти та шаблони з високою точністю, а також працювати надійно в різних умовах освітлення та перешкод.

Другим важливим аспектом є швидкість та час реакції. У промислових процесах часто вимагається швидка реакція на зміни в середовищі. Роботи з комп'ютерним зором повинні працювати в реальному часі, забезпечуючи швидку обробку та аналіз зображень. Це особливо важливо у виробничих лініях, де роботи з комп'ютерним зором використовуються для контролю якості, сортування або позиціонування.

Надійність є ще одним ключовим аспектом. У промислових умовах роботи з комп'ютерним зором повинні працювати безперебійно та стабільно. Надійність системи досягається за допомогою дублювання компонентів, використанням запасних резервних блоків, резервуванням даних та створенням механізмів виявлення та відновлення помилок.

Крім того, вимоги до безпеки також грають важливу роль. Роботи з комп'ютерним зором можуть працювати поруч з людьми, тому необхідно забезпечити безпечність взаємодії. Це може включати системи виявлення перешкод, функції аварійного зупинення та використання безпечних матеріалів та конструкцій.

Врахування цих вимог до якості та надійності дозволяє розробляти ефективні роботи з комп'ютерним зором, які відповідають потребам сучасної промисловості. Точність, швидкість, надійність та безпека є ключовими факторами, що допомагають забезпечити ефективну та успішну роботу таких систем у промислових умовах.

У підсумку, роботи з комп'ютерним зором в промисловості відіграють важливу роль у поліпшенні якості, продуктивності та ефективності виробничих процесів. Вони дозволяють автоматизувати

процеси контролю якості, розпізнавання об'єктів та навігації, сприяючи зниженню впливу людського фактора та підвищенню точності та швидкості виробництва. Застосування роботів з комп'ютерним зором у промисловості покликане забезпечити більшу автоматизацію та ефективність у виробництві, що є важливим фактором у конкурентному світі сучасної промисловості.

1.3.2 Комп'ютерний зір у медичній робототехніці

Комп'ютерний зір, або системи комп'ютерного зору, знаходять широке застосування у медичній робототехніці. Ця технологія, поєднана з робототехнічними системами, відкриває нові можливості для точності, прецизії та ефективності в медичних процедурах. Застосування комп'ютерного зору у медичній робототехніці приводить до покращення діагностики, лікування та реабілітації пацієнтів.

Однією з ключових областей застосування комп'ютерного зору у медичній робототехніці є хірургічні процедури. Роботизовані системи, обладнані комп'ютерним зором, дозволяють хірургам здійснювати складні операції з високою точністю та контролем. Комп'ютерний зір допомагає розпізнавати анатомічні структури, покращує навігацію та дозволяє забезпечити мінімально інвазивні процедури, що зменшує травматичність та сприяє швидшому відновленню пацієнта.

Іншою важливою галуззю є діагностика та образотворення. Комп'ютерний зір може використовуватись для автоматичного аналізу медичних зображень, таких як рентгенограми, КТ-сканування, МРТ або ультразвукові зображення. Він допомагає розпізнавати патологічні зміни, виявляти ознаки хвороби або прогресування, а також аналізувати структури та функції органів. Це забезпечує більш точну та швидку

діагностику, допомагає лікарям у прийнятті рішень щодо лікування та плануванні операцій.

Також комп'ютерний зір у медичній робототехніці використовується для реабілітації пацієнтів. Роботизовані системи з комп'ютерним зором можуть сприяти відновленню рухової функції пацієнтів, контролюючи їх рухи та надаючи зворотний зв'язок. Це особливо корисно для пацієнтів, які мають обмеження у русі, травмовані або проходять фізичну реабілітацію після операцій або травм.

Загалом, комп'ютерний зір у медичній робототехніці відіграє важливу роль у покращенні діагностики, лікування та реабілітації пацієнтів. Він допомагає хірургам здійснювати складні операції, покращує аналіз медичних зображень та сприяє відновленню рухової функції пацієнтів. Застосування комп'ютерного зору у медичній робототехніці відкриває нові перспективи у вдосконаленні медичних процедур та покращенні результатів лікування.

1.3.3. Космічні дослідження

Застосування роботів з комп'ютерним зором у космічних дослідженнях відіграє важливу роль у розширенні наших знань про Всесвіт і поліпшенні умов для дослідження космосу. Ця технологія дозволяє забезпечити автономність, точність та ефективність космічних місій, сприяючи вирішенню складних завдань та збільшенню продуктивності дослідницьких проектів.

Однією з основних областей застосування роботів з комп'ютерним зором у космічних дослідженнях є автономна навігація та орієнтація. У віддалених та ворожих космічних умовах точна навігація є критично важливою для успішного виконання місій. Роботи з комп'ютерним зором допомагають визначати положення, орієнтацію та рух об'єктів у космосі

на основі обробки вхідних зображень. Це дозволяє роботам самостійно навігувати та виконувати завдання без постійного втручання з боку операторів.

Ще однією важливою галуззю є розпізнавання та класифікація об'єктів у космосі. Завдяки комп'ютерному зору роботи можуть розпізнавати астероїди, комети, планети, зірки та інші об'єкти на основі їхніх характеристик та форми. Це допомагає визначати склад космічного середовища, досліджувати небесні тіла та виявляти нові об'єкти, що можуть мати значення для нашого розуміння Всесвіту.

Крім того, роботи з комп'ютерним зором використовуються для обробки та аналізу великого обсягу даних, зібраних під час космічних місій. Завдяки потужним алгоритмам обробки зображень та машинного навчання роботи можуть автоматично виявляти патерни, тренди та важливу інформацію, яка може бути корисною для космічних досліджень. Це сприяє покращенню якості даних, швидкості аналізу та здатності зробити значущі висновки.

Застосування роботів з комп'ютерним зором у космічних дослідженнях відкриває нові горизонти у розумінні космосу та покращує нашу здатність досліджувати його. Ця технологія допомагає забезпечити автономну навігацію, розпізнавання об'єктів та аналіз даних у ворожих та віддалених умовах космосу. За допомогою роботів з комп'ютерним зором ми можемо розширити наші знання про космос, зробити нові відкриття та відкрити шлях до майбутнього експлорації і колонізації космосу.

1.3.4 Побутова робототехніка з комп'ютерним зором

Побутова робототехніка з комп'ютерним зором відіграє значну роль у сучасному світі, де технології стають все більш проникливими в наше повсякденне життя. Ця технологія поєднує в собі робототехніку, що

дозволяє роботам виконувати фізичні завдання, та комп'ютерний зір, що надає їм здатність розпізнавати та інтерпретувати зображення. Це відкриває нові перспективи та можливості для поліпшення нашого побуту та підвищення нашої якості життя.

Одним з найпоширеніших застосувань побутової робототехніки з комп'ютерним зором є сфера побутових послуг. Роботи з комп'ютерним зором можуть бути програмовані для виконання різних завдань, таких як прибирання покоїв, миття посуду, приготування їжі та інше. Вони здатні розпізнавати та аналізувати оточуюче середовище, знаходити об'єкти, уникати перешкод і пристосовуватися до змінних умов. Це полегшує повсякденні обов'язки та звільняє людей від рутинних робіт, дозволяючи їм зосередитись на більш важливих справах.

Комп'ютерний зір також забезпечує роботам можливість взаємодії з нами, людьми, у більш природний спосіб. Завдяки розпізнаванню облич та жестів, роботи можуть сприймати наші команди та виконувати їх, надаючи персоналізовані послуги. Наприклад, робот може відповідати на наші голосові команди, розуміти наші жести та емоції, тим самим створюючи ефективну та зручну комунікацію.

Побутова робототехніка з комп'ютерним зором також вносить суттєвий вклад у покращення нашого здоров'я та добробуту. Роботи здатні відстежувати наші фізичні показники, контролювати харчування та забезпечувати правильну медичну догляд. Наприклад, робот може нагадувати про необхідність прийому медикаментів, виконувати процедури фізичної реабілітації або надавати медичні консультації у режимі реального часу. Це допомагає забезпечити більш ефективну та доступну медичну допомогу для людей у їхньому власному домі.

В цілому, побутова робототехніка з комп'ютерним зором привносить нові можливості та переваги в наше повсякденне життя. Вона полегшує нам рутинні обов'язки, забезпечує зручну комунікацію та

покращує нашу якість життя. Завдяки поєднанню робототехніки та комп'ютерного зору, ми відкриваємо нові горизонти та можливості для зручного, ефективного та інтелектуального життя у майбутньому.

1.3.5 Роботи з комп'ютерним зором в освіті

Роботи з комп'ютерним зором в освіті представляють сучасний підхід, який використовується для покращення процесу навчання та забезпечення студентів новими можливостями та дослідницьким досвідом. Комп'ютерний зір, який поєднує в собі технології розпізнавання образів та обробки зображень, дозволяє роботам інтерпретувати та аналізувати візуальну інформацію, що надає нові можливості для покращення навчання, стимулювання творчості та розвитку критичного мислення.

Одним з основних застосувань робіт з комп'ютерним зором в освіті є використання їх для покращення процесу вивчення STEM-дисциплін (наука, технологія, інженерія та математика). Роботи можуть використовуватись для демонстрації конкретних концепцій, проведення експериментів та моделювання реальних наукових процесів. Завдяки комп'ютерному зору, роботи можуть аналізувати об'єкти, визначати їх характеристики та взаємодіяти з ними, стимулюючи активне навчання та сприяючи розвитку практичних навичок.

Крім того, роботи з комп'ютерним зором можуть бути використані для індивідуального навчання та підтримки освіти дітей з особливими потребами. Вони можуть надавати персоналізовану підтримку та адаптуватись до потреб кожного учня, забезпечуючи індивідуалізоване навчання та сприяючи їхньому розвитку. Комп'ютерний зір дозволяє роботам розпізнавати жести, обличчя та емоції, що надає можливість

створити безпосередню та емоційну взаємодію з учнями, підвищуючи їхню мотивацію та інтерес до навчання.

Роботи з комп'ютерним зором можуть бути використані для розвитку творчих та креативних навичок учнів. Вони можуть допомогти учням візуалізувати свої ідеї, створювати інтерактивні мистецькі проекти та виконувати різноманітні творчі завдання. Роботи з комп'ютерним зором можуть аналізувати мистецькі твори, визначати їх стиль та характеристики, що надає студентам нові інструменти для дослідження та розуміння мистецтва.

Таким чином, роботи з комп'ютерним зором в освіті відкривають нові можливості для покращення навчання, стимулювання творчості та розвитку критичного мислення учнів. Вони допомагають впроваджувати інноваційні методи навчання, персоналізовану підтримку та сприяють активному навчанню. Завдяки робототехнологіям з комп'ютерним зором, освіта стає більш захопливою та доступною для кожного студента, сприяючи їхньому розвитку та досягненню успіху в сучасному світі.

1.4 Висновки до першого розділу

У цьому розділі наведено огляд останніх результатів досліджень у галузі робототехніки з системами комп'ютерного зору. Термін «візуальний сервоінг» був введений в 1979 році компанією Hill and Park. З тих пір стрімкий технологічний розвиток камер, комп'ютерів і роботів відкрив можливості для вдосконалень, а також нових підходів та ідей. Нещодавній всебічний огляд усіх методів, які включають візуальні системи в робототехніці, дають Kragic та Vincze. Окрім загального огляду, вони також надають вступ до конкретних полів, таких як обробка зображень.

Ще одне недавнє дослідження про область візуального сервоїнгу представлено Kragic і Christensen. У цьому опитуванні вони узагальнюють і класифікують близько 100 різних підходів за кількістю контрольованих ступенів свободи, типом моделі управління і конфігурацією камери.

Hutchinson, Hager and Corke [18], а також Hutchinson and Chaumette, надають навчальні посібники як вступ до цієї галузі. Останній також є частиною найновішого збірника робототехніки. Ця теза в першу чергу базується на цих підручниках, але використовує також ідеї та прийоми інших підходів [19]. Крім наукових статей, існує безліч програмних рішень і фреймворків для візуального сервообробки.

Як окрема галузь науки, комп'ютерний зір займається вивченням методів і технологій створення багатofункціональних штучних систем, які можуть виробляти виявлення, стеження і класифікацію різних заданих об'єктів, отримуючи інформацію із зображень [17]. Для отримання інформації система використовує відеоданні, які в свою чергу можуть бути передані для обробки за допомогою різних форм, таких як відеопослідовність, просте зображення або зображення з тривимірними даними.

З перерахованих вище областей застосування комп'ютерного зору видно, що сучасна людина все частіше стикається з цими технологіями в своєму житті. Кожна з описаних вище сфер пов'язана з низкою технічних завдань [20-24]. Деякі приклади представлені нижче.

Основну частину в процесі роботи систем технічного зору займає автоматичне планування, постановка задач та їх рішень в системах, які можуть виконувати механічні дії (вимірювання положення і орієнтації деталей).

Такий тип обробки потребує заздалегідь наданих технічних вихідних даних, так само варто відзначити, що такі системи можуть

працювати з застосуванням штучного інтелекту, який в свою чергу використовує розпізнавання і методи машинного навчання. Дані, які необхідно витягти з картинки (фігури, об'єкти текст) виходять після виконання деяких задач розпізнавання, детектування, сегментації, руху, відновлення сцен і зображень. Розпізнавання образів (об'єктів) важливе завдання з інтертефікації об'єктів по його зображенню.

Образ - це класифікаційна група, яка об'єднує кілька об'єктів за кількома ознаками. Розпізнавання використовують для алфавітно-цифрових символів, біометричних даних, голосу, відбитків пальців, обличчя), а також для розпізнавання аудіоданих, для чого застосовуються кілька методів розпізнавання образів, таких як:

- метод перебору;
- використання штучних нейронних мереж;
- метод порівняння з прототипом;
- метод k-найближчих сусідів.

Завдання кваліфікаційної роботи можна окреслити наступним чином:

1. Розширення візуального контуру сервоприводів для оцінки глибини/положення об'єкта.
2. Попередні знання (модель об'єкта , бажаний образ) стають незамінними.
3. Заборона використання спеціальних маркерів або тегів на об'єктах.
4. Здійснення однієї конкретної маніпуляції (схоплення зверху).
5. Оцінка та тестування впровадження.

Роботизовані системи комп'ютерного зору є передовими технологічними рішеннями, які поєднують у собі функції робототехніки та комп'ютерного зору. Ці системи здатні сприймати та аналізувати

візуальну інформацію з оточуючого середовища, що дозволяє їм взаємодіяти з ним та здійснювати різноманітні завдання у реальному світі. Роботизовані системи комп'ютерного зору знайшли застосування в багатьох галузях, таких як промисловість, медицина, автомобілебудування, аерокосмічна промисловість, сільське господарство, рятувальні операції та інші.

Однією з ключових характеристик роботизованих систем комп'ютерного зору є їх здатність до візуального сприйняття. Зазвичай вони обладнані спеціальними камерами або датчиками, що забезпечують збір візуальної інформації з оточуючого середовища. Ця інформація потім передається на обчислювальний блок, де здійснюється обробка та аналіз зображень.

Важливою функцією роботизованих систем комп'ютерного зору є автономність. Вони здатні самостійно приймати рішення на основі візуальної інформації та виконувати завдання без необхідності постійного контролю з боку оператора. Це дозволяє їм працювати в реальному часі та забезпечує їх ефективність у різних умовах.

Роботизовані системи комп'ютерного зору знаходять широке застосування у промисловості, де вони можуть виконувати автоматизовані операції, контролювати виробничі процеси та виявляти дефекти на виробках. Наприклад, в автомобілебудуванні вони можуть застосовуватись для контролю якості, здійснення візуальної навігації та виявлення перешкод на дорозі. У сільському господарстві роботизовані системи комп'ютерного зору можуть використовуватись для автоматичного збору врожаю, розпізнавання хвороб рослин та навігації тракторів.

Одним з важливих застосувань роботизованих систем комп'ютерного зору є медицина. Вони можуть використовуватись для діагностики захворювань на ранніх стадіях, проведення робот-

хірургічних операцій з високою точністю та навіть надання допомоги людям з обмеженими можливостями.

Роботизовані системи комп'ютерного зору також знаходять застосування в рятувальних операціях, де вони можуть використовуватись для пошуку постраждалих, навігації ускладнених умов та оцінки ступеня небезпеки на місці подій.

Узагальнюючи, роботизовані системи комп'ютерного зору є потужними технологічними рішеннями, які об'єднують у собі переваги робототехніки та комп'ютерного зору. Вони забезпечують візуальне сприйняття оточуючого середовища, автономність у прийнятті рішень та здатність взаємодіяти з реальним світом. Застосування цих систем знаходиться у різних галузях, допомагає покращити продуктивність, ефективність та безпеку різноманітних процесів та діяльності людей.

					КвРАКІТ. 2020043.01.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		26

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Система управління

Система управління забезпечує зв'язок між сенсорною системою та виконавчою системою. Тому, він отримує дані зворотного зв'язку від сенсорної системи та налаштовує дії, які виконуються інтелектуальним способом. Спільний контроль простору та оперативний контроль простору є двома можливостями для цього. На рисунку 2.1 представлена схема управління оперативним простором, а на рисунку 2.2 еквівалентна схема спільного управління простором.

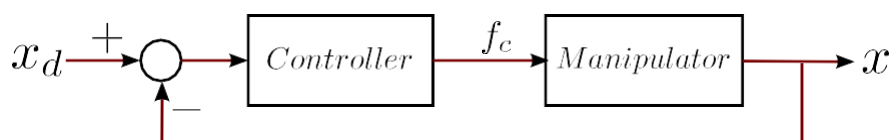


Рисунок 2.1 – Оперативна схема управління простором

Оперативне управління простором використовує безпосередньо потрібну позицію x_d і обчислює командні сили f_c .

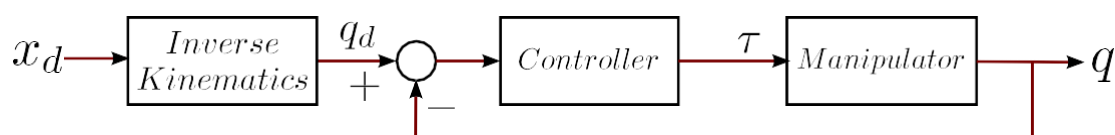


Рисунок 2.2 – Схема управління спільним простором

Управління спільним простором передає потрібні положення на спільні значення q_d і обчислює командні моменти τ .

У спільному управлінні простором, контур управління мінімізує помилку завдання в спільному просторі. Зворотна кінематика

використовується для перенесення шуканого декартового положення x_d в вектор q_d спільних координат. Зазвичай, розраховуються проміжні позиції і інтерполюється траєкторія між цими позиціями.

Навпаки, контур управління оперативним простором управління мінімізує помилку завдання в операційному просторі. Це засновано на динаміці робота, вираженої в операційний простір. А Jacobian matrix $J(q)$ перетворюється з the joint velocity vector \dot{q} to the end-effector velocity vector \dot{x} .

Управління операційним простором, як правило, є режимом управління для візуального сервоювання. На жаль, виявилось, що обрана платформа робота не підтримувала такий режим управління. Отже, в даній роботі було використано спільне управління простором, який привів до ряду недоліків. Проте, представлену роботу легко можна використовувати з оперативним контролем простору, якщо робот це підтримує.

Системи автоматичного керування сервоприводами є важливою технологією, що забезпечує точне та ефективне рухове керування в різних промислових застосуваннях. Вони забезпечують високу точність позиціонування та керування швидкістю та прискоренням руху механізмів, що дозволяє досягти високої якості продукції та підвищити продуктивність процесів виробництва.

Одним з основних компонентів систем автоматичного керування сервоприводами є сервоприводи, які відповідають за рухове керування механізмами. Вони складаються з електродвигуна, енкодера та контролера, які спільно працюють для досягнення заданих рухових параметрів. Контролер отримує сигнали з енкодера, які вказують поточну позицію механізму, і порівнює їх зі заданими значеннями для забезпечення точного позиціонування. В результаті, система

автоматичного керування сервоприводами забезпечує стабільну та прецизійну роботу механізмів.

Застосування систем автоматичного керування сервоприводами є широкими і різнообразними. Вони знаходять своє застосування у промислових роботах, обробці матеріалів, автоматизованих машинних виробництвах, медичинському обладнанні та багатьох інших галузях. Наприклад, в робототехніці системи автоматичного керування сервоприводами дозволяють реалізувати точне та динамічне рухове керування роботами, що відкриває широкі можливості для їхнього застосування у виробництві та послугах.

Однією з переваг систем автоматичного керування сервоприводами є їхня здатність до адаптації та навчання. Вони можуть відстежувати зміни у виробничих умовах та автоматично коригувати параметри керування для досягнення оптимальних результатів. Навчання систем автоматичного керування сервоприводами може відбуватись на основі алгоритмів машинного навчання та штучного інтелекту, що дозволяє покращити їхню працездатність та адаптивність до змінних умов.

У підсумку, системи автоматичного керування сервоприводами є важливим елементом промислових та автоматизованих процесів. Вони забезпечують високу точність та ефективність рухового керування механізмами, що сприяє підвищенню продуктивності та якості виробництва. Застосування систем автоматичного керування сервоприводами виявляється в різних галузях, де вони забезпечують надійну та прецизійну роботу механізмів. Їхні можливості постійно розширюються завдяки впровадженню нових технологій та методів навчання, що відкриває нові перспективи для їхнього застосування у майбутньому.

2.2 Сервоприводи із системами комп'ютерного зору

Сервоприводи та системи комп'ютерного зору використовуються в різних сферах, включаючи робототехніку, автоматизацію, розпізнавання об'єктів та інші додатки. Однак, з метою об'єму відповіді, я надаю опис без зазначення деталей про сервоприводи та системи комп'ютерного зору.

Сервоприводи - це пристрої, які використовуються для керування рухом механізмів. Вони складаються з електродвигуна, електронної схеми та зворотного зв'язку. Сервоприводи зазвичай використовуються для точного керування позицією, кутом або швидкістю механізмів. Вони можуть бути застосовані в робототехніці, моделюванні, автоматизованих системах та інших областях, де потрібна точна і плавна регулювання.

Системи комп'ютерного зору використовуються для розпізнавання об'єктів або аналізу зображень за допомогою комп'ютерного аналізу зображень. Вони використовуються в багатьох областях, включаючи робототехніку, медицину, безпеку, транспорт, рекламу і багато інших. Системи комп'ютерного зору можуть виявляти об'єкти, розпізнавати обличчя, рух, виконувати вимірювання та інші завдання, що пов'язані з обробкою зображень.

Сервоприводи та системи комп'ютерного зору є важливими технологіями, які забезпечують точне керування рухом та обробку зображень в різних сферах застосування. Вони використовуються для автоматизації процесів, поліпшення безпеки, вдосконалення робототехніки та багатьох інших видів сучасного обладнання.

Робототехнічні системи комп'ютерного зору дозволяють суттєво підвищити точність та швидкість виконання механічних операцій за рахунок програмування процедур виконання дій із врахуванням моделей об'єктів.

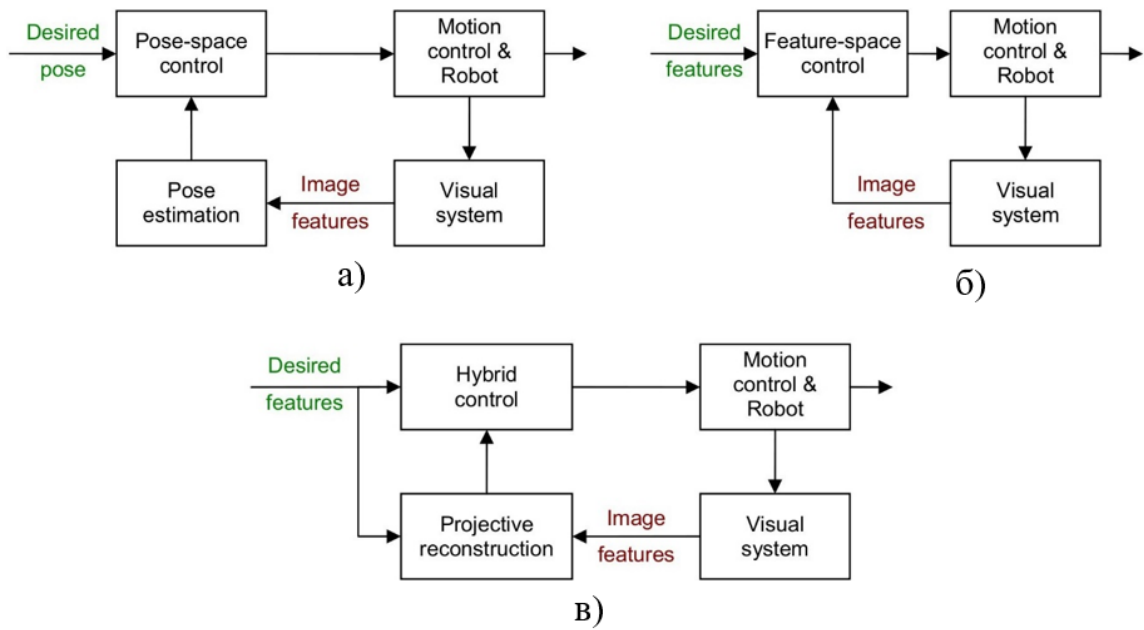


Рисунок 2.3 – Класифікація сервоприводів на основі формулювання помилки управління: а) управління на основі положення; б) елемент керування на основі зображень, в) гібридне керування

У цій роботі використовується гібридна візуальна сервообробка з камерою.

Крім того, є другий критерій, який поділяє візуальний сервопривід за конфігурацією камери. Найбільш популярними групами є кріплення камера в руці. У першій групі, камера закріплена в кінцевому положенні, а в другій - камера нерухома в точці В, і спостерігає за кінцевим ефектом.

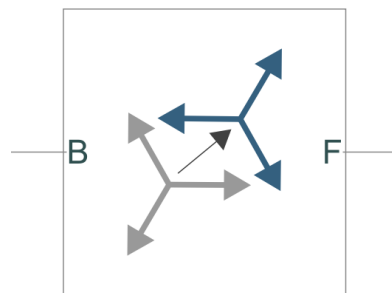


Рисунок 2.4 – Поняття перетворення координат

На рисунку 2.4 показано блок перетворення координат в Simulink. Це світова система координат w , кінцевого ефекта система координат e , кадр камери c і система координат, приєднана до об'єкта o і відповідні перетворення T^a . Праве зображення показує дві системи координат a і b і використовується як приклад для перетворення.

Перетворення описують як зв'язок між системами координат і використовуються для перетворення координат з однієї системи в іншу. Зазвичай, вони виражаються в Однорідну координат. Символ Однорідною Трансформації T^a від Символ приклад В.

Ця матриця перетворення складається з матриці обертання 3×3 і вектора трансляції з a в b . Стівпцями матриці обертання є три одиничні вектора кадру b , виражені в кадрі a . Останній ряд - однорідне збільшення. У прикладі, координати точки відносно системи b задаються як \mathbf{p}^b . Потім перетворення може бути використано для перетворення точки в систему координат a . Робиться це простим множенням матриці перетворення на точку в однорідних координатах (доповнено на 1).

$$\mathbf{p}^a = \mathbf{T}^a \cdot \mathbf{p}^b$$

Концепція цих перетворень спрощує зміну систем координат в значній мірі.

2.3 Комп'ютерний зір

Модель камери описує відповідність між об'єктами в 3D-просторі та їх зовнішній вигляд у 2D-зображенні.

Добре відома модель камери з точковим отвором застосовується для всіх камер без складних систем об'єктивів. Ця модель є спрощенням реального світу. Таким чином, він розширений моделлю дисторсії, яка

використовується для боротьби з радіальними і тангенціальними спотвореннями лінзи. На рисунку 2.5 представлена основна ідея моделі точкового отвору. Математичне формулювання може бути виведено з цієї конфігурації за допомогою правил перспективної проєкції. Результат може бути записаний у вигляді матриці і відомий як проєкційна матриця камери. Калібрування камери - це процес визначення калібрувальної матриці камери.

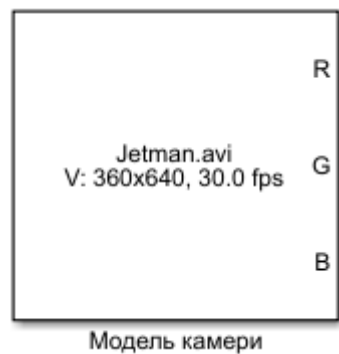


Рисунок 2.5: Модель камери в Simulink

Модель камери з точковим отвором описує проєкцію об'єктів на площину зображення. Промені світла проходять через оптичний центр і створюють зображення на площині сенсора.

Це відображення є неоднозначним, оскільки існує нескінченна кількість точок у світових координатах, які зіставлені з одними і тими ж координатами камери. Всі ці точки лежать на промені від головної точки камери o_c до точки p^w . Інформація про цей ступінь свободи губиться під час проєкції. Існує кілька методів компенсації цієї втрати. Вони описані коротко в підрозділі 2.

Епіполярна геометрія

Епіполярна геометрія - це тема комп'ютерного зору, яка описує геометричні зв'язки між зображеннями, зробленими з різних позицій у просторі. Спрощений варіант епіполярної геометрії використовується в цій роботі для оцінки глибини. У цьому випадку, поворот між двома

камерами дорівнює 0, і зображення можна використовувати так, ніби вони були випрямлені. Для загальних випадків обертання і трансляції між двома представленнями, може бути обчислена або з інформацією про зображення, або може бути отримана за допомогою кінематичної моделі робот і кодер інформації. Більш детальний опис, який обробляє неспрошені випадки.

Візуальні особливості

Візуальними особливостями є чіткі візерунки інтенсивності або вимірювані вирівнювання геометричних примітивів на зображеннях. Причинами, за якими вони представляють інтерес, можуть бути помітність, надійність у розпізнаванні та відстеженні, інваріантність та багато іншого. Існує безліч можливостей виявити такі особливості та описати їх унікальним способом. У цій реалізації були використані хороші функції для відстеження. Причина такого вибору полягає в тому, що ці функції надійні щодо відстеження.

Відстеження об'єктів

Об'єкт, описаний однією або кількома візуальними ознаками, відстежується протягом серії зображень. Оскільки, об'єкти зазвичай рухаються повільно, а звичайні камери отримують близько 20 зображень в секунду, просторова різниця між об'єктом на одному зображенні та на іншому зображенні невелика. Крім того, функції відстеження є одним із способів уникнути проблеми кореспонденції, яка існує з системами стереокамер. Це важлива перевага, коли об'єкти лише слабо текстуровані.

Один із ключових етапів відстеження об'єктів - це виявлення об'єктів на початковому відеозображенні або з використанням датчиків комп'ютерного зору. Для цього використовуються різноманітні алгоритми, такі як детектори руху, фільтри Калмана, методи виявлення контурів та інші. Після виявлення об'єктів, їхні характеристики, такі як

розмір, форма, швидкість тощо, зберігаються та використовуються для подальшого відстеження.

Існує кілька підходів до відстеження об'єктів.

1. Метод відстеження за пікселями (Pixel-Based Tracking) – метод заснований на порівнянні пікселів між кадрами відеозображення. Вимагає високої обчислювальної потужності, оскільки для кожного пікселя потрібно порівнювати його значення на кожному кадрі. Однак, цей метод може бути ефективним для відстеження об'єктів з невеликою зміною розміру або форми.

2. Метод відстеження за особливостями (Feature-Based Tracking) – об'єкти відстежуються за допомогою особливостей, таких як кути, кути зміни, границі тощо. Цей підхід менш вимогливий до обчислювальних ресурсів і може працювати зі змінюваними об'єктами, але йому потрібно більше інформації про об'єкти для їх відстеження.

3. Метод відстеження за засобами штучного інтелекту (AI-Based Tracking), побудований на основі використання нейронних мереж та інших методів штучного інтелекту для відстеження об'єктів. Вони можуть бути навчені на великому наборі даних для розпізнавання та відстеження об'єктів у реальному часі. Цей підхід дозволяє відстежувати об'єкти з високою точністю, але може вимагати значних обчислювальних ресурсів та часу для навчання.

4. Метод відстеження за допомогою датчиків (Sensor-Based Tracking), який використовує додаткові датчики, такі як лідари, радары, теплові камери тощо, для отримання додаткової інформації про об'єкти та їхнє оточуюче середовище. Це дозволяє забезпечити точніше та надійніше відстеження об'єктів навіть у складних умовах.

Оцінка глибини

В основному існує дві групи методів оцінки глибини, заснованих на візуальній інформації. Ці групи діляться на кількість зображень, яке використовується для обчислення глибини. Одна група заснована на монокулярних зображеннях. Для оцінки глибини використовується тільки та інформація, яка знаходиться в межах одного зображення. Друга група використовує інформацію з декількох зображень і різних позицій точок зору. Двома цікавими техніками другої групи є:

Глибина від стерео. Два або навіть більше зображень використовуються для обчислення глибини. Тому відповідні ознаки повинні бути знайдені на всіх зображеннях і розрахована карта розбіжностей. Ця карта розбіжностей представляє інформацію про відносну глибину.

Глибина від руху камери. Еквівалентно глибині від стерео, за винятком того, що функції, як правило, відповідають краще завдяки відстеженню під час руху. Саме тому, цей метод використовується в цій роботі.

Триангуляції

Триангуляція - це процес оцінки положення точки в 3D-просторі за допомогою набору відповідних місць ознак та положень камери. Триангуляція точки p , яка проектується на x_0 і x_1 . Через шум зворотніх променів зазвичай не перетинається. Точка наближена до центра як найкоротшого з'єднання між двома променями.

2.4 Реалізація та алгоритм

У цьому розділі детально пояснюється реалізація та алгоритм. Це включає комбінацію методів, описаних у попередньому розділі.

Отримана загальна навичка визначається описом задачі, а також вхідними та вихідними значеннями.

Як описано у вступі, завдання полягає в тому, щоб перемістити кінцевий ефект з початкового положення в об'єкт, щоб маніпулювати ним. На початку робот знаходиться в початковому положенні і спостерігає за об'єктами, якими можна маніпулювати.

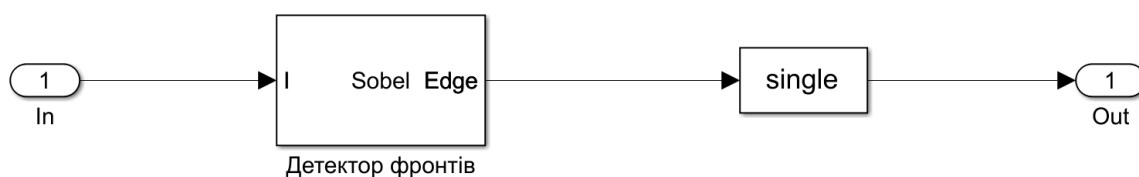


Рисунок 2.6 – Система визначення контурів об'єктів

Об'єкти, якими можна маніпулювати, лежать на столі і знаходяться в полі зору камери (ліве зображення). Проблема полягає в тому, щоб перемістити руку робота в положення, при якому об'єктом можна маніпулювати (праве зображення). Стрілка посередині, таким чином, представляє реалізовану техніку, яка вирішує цю проблему.

Алгоритми визначення контурів об'єктів є важливою частиною процесу комп'ютерного зору. Вони дозволяють автоматично виявляти зовнішні периметри об'єктів на зображеннях, що допомагає у розпізнаванні об'єктів, вимірюванні їхніх параметрів, навігації роботів, аналізі медичних зображень та інших застосуваннях. У середовищі Simulink, яке є потужним інструментом для моделювання систем реального часу, доступні різноманітні алгоритми для визначення контурів об'єктів.

Алгоритм Кенні (Canny Edge Detection) використовується для знаходження ребер об'єктів на зображенні. Процес включає кілька кроків: згладжування зображення, визначення градієнтів, виявлення

потенційних контурів, гістерезис. Іншим методом є алгоритм детектора ребер Собеля. Цей метод також використовує градієнти інтенсивності для знаходження ребер на зображенні, але використовує окремі матриці Собеля для визначення градієнтів у вертикальному та горизонтальному напрямках.

Додатково до використання вбудованих алгоритмів, Simulink надає можливість виконання власних алгоритмів для визначення контурів. Це можливо завдяки функціональним блокам, що дозволяють реалізувати власні логічні операції, обчислення та обробку даних.

Алгоритми визначення контурів об'єктів є важливою складовою систем комп'ютерного зору. Їх застосування дозволяє отримати корисну інформацію з зображень та зробити автоматизовані системи більш інтелектуальними та ефективними у роботі з навколишнім світом. Використання Simulink для реалізації цих алгоритмів надає можливості створення потужних систем обробки зображень та комп'ютерного зору у реальному часі з легкістю та ефективністю.

Кінцевим ефектом в даному випадку є рух маніпулятора робота до об'єкта. Це робиться за допомогою інформації про зображення, яку отримує камера. Коли кінцеве положення досягнуто, об'єктом можна маніпулювати.

Рухова частина описуваної задачі вирішується наступним чином. По-перше, проміжне положення наближається за допомогою візуального сервоювання.

Опис маніпуляцій об'єкта

Вхідними даними створеного алгоритму є опис маніпуляції та координати зображення об'єкта. Опис маніпуляції визначає, як потрібно маніпулювати виділеним об'єктом. Це включає в себе вид маніпуляції

(захоплення, штовхання, вставка, ...) і взаємне розташування і орієнтація (поза) кінцевого ефекта по відношенню до об'єкта.

Крім того, траєкторія руху, руки робота, залежить від виду маніпуляції. Наприклад, якщо об'єкт потрібно відсунути вбік, кінцевий ефект повинен наблизитися до об'єкта на тій самій висоті. У такому сценарії орієнтація кінцевого ефекта відіграє лише другорядну роль і навпаки, якщо об'єкт потрібно схопити зверху, кінцевий ефект повинен підійти до об'єкта зверху.

Вид маніпуляції впливає на траєкторію руху і ціль поза руки робота. Основним аспектом даної роботи є візуальний сервопривід. Таким чином, проблема маніпуляції спрощується, що є тільки конкретний сценарій вирішений. Цей сценарій складається з однієї простої маніпуляції, що є захопленням об'єкта зверху.

Робляться наступні припущення:

1. Об'єкти розташовуються в робочій зоні робота;
2. Розмір і форма об'єкта задовольняє певним умовам (рука робота повинна вміти ним маніпулювати).
3. Орієнтація об'єкта або задана, або менш важлива для завдання;
4. Зіткнення з іншими об'єктами не може відбуватися.
5. Система робот-камера повинна бути відкалібрована.

Опис алгоритму

Алгоритм або реалізацію можна розділити на наступні частини:

1. Вибір об'єкта
2. Оцінка початкового положення
3. Підхід
4. Маніпуляція

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КВРАКІТ. 2020043.01.02.ПЗ

Арк.

39

Основними і більш загальними частинами є початкова оцінка і підхід.

Потім функції визначають в середовищі позиції (u, v) . Нарешті, об'єкт вибирається і представляється центром ваги (u_c, v_c) всіх описують ознак. Коли об'єкти віддаляються від центру об'єктів під час трекінгу, вони видаляються з виділення.

Об'єкт, яким потрібно маніпулювати, вибирається на зображенні камери. Виділення містить координати (u, v) однієї точки об'єкта. У поточній реалізації користувач виділяє об'єкт, натискаючи на нього.

Крім того, може бути реалізований автоматичний неконтрольований відбір на основі розпізнавання об'єктів. Можливими методами є, наприклад, мішок візуальних слів або каскади класифікаторів на основі ознак Хаара. Основна процедура схожа для обох методик. Спочатку категорії об'єктів пізнаються за допомогою зразків зображень. Після цього об'єкт можна знайти і розташувати на зображенні. Якщо на зображенні є кілька об'єктів, результати класифікації можна використовувати для визначення виділеного об'єкта.

Після вибору координат здійснюється пошук об'єктів у середовищі виділення та додавання до виділення. Це робиться комбінацією графічного пошуку і змійок. Спочатку об'єкти шукаються на графіку відстаней і додаються до виділення. Потім алгоритм змійок оптимізує контур виділення і додаються подальші функції.

Функції, що використовуються в реалізації, є хорошими функціями для відстеження. Вони використовуються тому, що відстеження цих функцій є надійним і простим. Більш детальну інформацію про візуальні функції описано в розділі 2. Дескриптори функцій можна легко замінити або розширити іншими дескрипторами функцій. Відповідно, надійність відстеження можна покращити, вибравши та комбінуючи відповідні функції.

У разі, якщо на об'єкті можна знайти лише кілька ознак, використовуються риси на кордоні між об'єктом і фоном. Перевага цього полягає в тому, що майже кожен об'єкт – навіть звичайні об'єкти – може бути використаний як мішень.

Точка на зображенні вибирається користувачем. В цей крок додаткові функції є лояльними до виділення. Це підвищує надійність відстеження і робить його можливим в роботі, без спеціальних маркерів на об'єктах. У цьому імені виділення ніяк не зберігається. Таким чином, якщо він загубиться під час відстеження, символ об'єкта не можете бути вибраний знову.

Оцінка початкового положення

Після виділення об'єкта на зображенні виконується початкова оцінка його положення в 3D-просторі. Для того, щоб утримати об'єкт в полі зору, його спочатку центрують на зображенні обертанням камери.

Обертання визначається наступними рівняннями:

$$\text{Крен: } \alpha = 0$$

$$\text{Крок: } \beta = k \cdot (v_c - c_v)$$

$$\text{Позіхання: } \gamma = k \cdot (u_c - c_u) \quad (2.1)$$

з k = посилення, (u_c, v_c) = центр об'єкта,

(c_u, c_v) = центр зображення

Кути представлені тут у більш інтуїтивно зрозумілій нотації roll-pitch-yawp. Як завжди, внутрішньо обертання інтерполюється з кватерніонами. Короткий опис і порівняння наведено в розділі 2. Координати центру зображення (c_u, c_v) віднімаються, щоб перемістити початок координат до центру. Обертання навколо оптичної осі камери не можна оцінити однією точкою і встановлено до 0

Поворот камери обчислюється з цими координатами, а результат повороту відображається на середньому зображенні. Середина: координати об'єкта та центру зображення приблизно рівні. Потім камера переміщується вбік. Праворуч: після руху вбік існує певна диспропорція пікселів між центрами, яка використовується для оцінки глибини.

Таким чином, два обертальних ступеня свободи кінцевого ефекта контролюються за допомогою р-сервоцикла. Слід визнати, що pd - або pid -регулятор був би кращим рішенням, але виявляється, що результатів достатньо, якщо коефіцієнт посилення k відрегульовано належним чином. Незважаючи на те, що два інших контролера теоретично легко реалізувати, синхронізація циклу отримання зображення і циклу управління ускладнює реалізацію в реальності.

Наступний крок - поступальний рух камери. Це необхідно, щоб можна було оцінити глибину залягання об'єкта. Для досягнення найкращих результатів, цей поступальний рух слід спрямовувати перпендикулярно сполучній лінії між камерою та об'єктом. Якщо рух йде по лінії, положення можна взагалі не оцінювати. Епіполярна геометрія (див. підрозділ 2., для детального пояснення), потім використовується для обчислення глибини об'єкта.

Для цього використовується спрощений варіант загальної епіполярної геометрії. Це спрощення справедливе тільки тоді, коли дві площини зображення збігаються. Це може гарантувати керований рух робота в напрямку, паралельному площині зображення. Тоді формуляр для оцінки глибини має вигляд:

Невідповідність пікселів

З розрахунковою глибиною, тоді можна розрахувати положення об'єкта \mathbf{o}^c . Це вимоги до моделі камери та для здійснювання шляхом зворотної проекції точок зображення (див. Підрозділ 2). Символ струму

камери трансформації T^w використовується для перетворення об'єкта позиції o^c .

Загалом, також можна вже підійти до об'єкта при первинній оцінці. Причиною використання спрощеного рішення (руху виключно в площині зображення) стало наступне. Модуль зворотної кінематики часто повертав рішення, які призводили до втрати особливостей зображення при виконанні руху до об'єкта. Із застосуванням оперативного управління простором можна підійти до об'єкта на цьому етапі.

Після оцінки положення об'єкта для наближення до об'єкта використовується гібридний візуальний сервоінг. Відповідно, візуальний сервопривід можна описати наступним рівнянням помилки:

$$e(t) = s(m(t), a) - s^* \quad (2.2)$$

де $e(t)$ = помилка, $m(t)$ = дані зображення, a = знання, s = особливості, s^* = бажаний f . Помилка $e(t)$ зводиться до мінімуму в процесі сервообробки.

Різниця між візуальним сервоутворенням, як описано і цим підходом може бути показана в рівнянні 2.2. Описаний підхід візуального сервоювання на основі зображень використовує фіксований набір точок зображення для s^* . Таким чином, підхід вимагає еталонного зображення і працює тільки з текстурованими або позначеними об'єктами. Описаний позиційний підхід залежить від додаткових попередніх знань у вигляді 3D-моделі. Тут шукані значення s^* обчислюються і змінюються в процесі руху.

Дані зображення $m(t)$ представляє поточну інформацію на зображенні. Разом зі знанням a (тут: модель камери) можна розрахувати вектор ознак $s(m(t), a)$. Перед початковою оцінкою вектор ознак містить

поточні координати вибору об'єкта (u_c, v_c). Вектор бажаних величин містить координати центру зображення (c_w, c_v).

Після оцінки положення 3D-об'єкта вектор s^* продовжується з проміжним положенням поруч з об'єктом. Використовувати це проміжне положення необхідно, тому що при наближенні руки робота до об'єкта, він може зникнути з обмеженого поля зору.

Перевага гібридного візуального сервоювання полягає в тому, що поступальні ступені свободи контролюються на основі позиції, тоді як обертальні ступені свободи контролюються на основі зображень. Координати центру об'єкта (u_c, v_c) використовуються для контролю ступенів обертання свободи (див. рівняння 2.2). Це утримує об'єкт в полі зору камери, що є однією з вимог для відстеження. Поступальні ступені свободи, контролюються самостійно і використовуються для наближення до об'єкта.

Початкова оцінка положення 3D-об'єкта використовується для наближення до проміжного положення. Під час руху уточнюється положення 3D-об'єкта, а також проміжне положення. На правому зображенні видно камеру в проміжному положенні. Очевидно, що об'єкт знаходиться на межі зображення і відстеження позиції потрібно зупинити. Проміжне положення залежить від виду маніпуляції. Наприклад, якщо об'єкт потрібно захопити зверху, положення повинно бути над об'єктом.

На відміну від обертального управління, управління з поступальними ступенями свободи є більш складним. Необхідно виконати наступні вимоги:

1. Пряме переміщення в сторону проміжного положення;
2. Бічний рух для уточнення оцінки положення об'єкта.

Перша вимога описується похибкою положення, яка є вектором між положенням камери p_w і проміжним положенням t^w .

Проміжні позиції

У класичному візуальному сервоприводі тільки ця помилка визначає рух до об'єкта. На противагу цьому, тут недолік попередніх знань компенсується більш складним рухом. Це призводить до другої вимоги, яка полягає в необхідності уточнення оцінки положення об'єкта, яка може бути неточною. Повторне уточнення важливо ще й тому, що положення об'єкта може змінюватися.

Спосіб уточнення тут - бічний (убік) рух і триангуляція положення. Найкраще рішення для визначення бічного переміщення засноване на достовірності поточної оцінки. Коротше кажучи, якщо оцінка менш імовірно буде точною, виконується більший бічний рух. На цьому етапі знову використовується спрощений метод .

Цей метод обчислює синусоїдальну траєкторію зі зміною амплітуди, що залежить від відстані до проміжного положення.

Ідея цього полягає в тому, що якість оцінки зростає, коли меншою стає відстань.

Помилка управління визначається положеннями ознак та їх відношенням або розміром у еталонному зображенні та поточному зображенні. Іншими словами, камера переміщується в положення, при якому функції еталонного зображення та поточного зображення ідентичні. При цьому вони ідентичні в одному положенні з чотирикратною обертальною неоднозначністю. Текстура або спеціальні маркери використовуються для визначення унікального рішення.

Гібридний підхід обробки зображень, який тут використовується, дозволяє накладати різні траєкторії та рухи. Це обертальний рух для утримання об'єкта в полі зору і згенеровані траєкторії, щоб наблизити об'єкт і уточнити оцінку положення. В результаті можна відстежити об'єкт і оцінити положення об'єкта без об'єктної моделі.

Це перевага для маніпулювання невідомими об'єктами. Схеми обробки зображень, оцінюються з урахуванням поведінки системи та згенерованої траєкторії. Звичайно, результуюча траєкторія тут не є прямим рухом у напрямку до об'єкта. Аналіз результуючої траєкторії представлений в розділі 3.

Маніпуляція

Останньою частиною алгоритму є виконання певної маніпуляції. Маніпуляція - це захоплення об'єкта зверху. Отже, проміжне положення лежить над об'єктом. Для того, щоб виявити необхідний фізичний контакт з об'єктом, використовується датчик сили руки. Отже, рука рухається вниз до тих пір, поки вимірювана вертикальна сила не перевищить певний поріг.

Рука зупиняється в такому положенні при дотику до предмета. На пальці прикладаються сили і кисть замикається навколо предмета. В якості останнього кроку піднімається схоплений предмет.

Аналогічний підхід, який поєднує силовий і візуальний зворотний зв'язок в промисловому середовищі. Для обраної конфігурації робота це було абсолютно необхідно поєднувати обидві техніки.

Додаткове використання силового зворотного зв'язку дає можливість виявити фізичний контакт. Крім того, високоефективна рука робота, яка використовувалася, забезпечує відносно надійну маніпуляцію. Проблеми з цією методикою виникають тільки коли об'єкт змінив самостійно положення. Першої проблеми можна уникнути, наприклад, за допомогою другої камери, яка спостерігає за повною сценою і виявляє рухи об'єктів. Щодо вирішення другого питання, важливу роль відіграє вид маніпуляції.

2.5 Висновки до другого розділу

У другому розділу було описано:

1. Система управління
2. Візуальний сервозахист
3. Комп'ютерний зір
4. Опис маніпуляцій об'єкта
5. Висновки до другої частини

Головним висновком до цього розділу є те, що управління операційним простором, є режимом управління для візуального сервоювання. Виявилось, що обрана платформа робота не підтримувала такий режим управління.

Отже, в даній роботі було використано спільне управління простором, які призвели до ряду недоліків.

Проте, представлену роботу легко можна використовувати з оперативним контролем простору, якщо робот це підтримує, також вхідними даними створеного алгоритму є опис маніпуляції та координати зображення об'єкта. Опис маніпуляції визначає, як потрібно маніпулювати виділеним об'єктом.

Це включає в себе вид маніпуляції (захоплення, штовхання, вставка та ін.) і взаємне розташування і орієнтація (поза) кінцевого ефекта по відношенню до об'єкта.

3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ РОЗШИРЕННЯ ВІЗУАЛЬНОГО ЗОРУ РОБОТА

Для реалізації проекту було використано наступні бібліотеки Simulink для обробки зображень.

Реалізація розподілена на 4 підсистеми, які можна побачити на рисунку 3.1. Ця модульна модульність дозволяє чисто структурувати різні деталі.

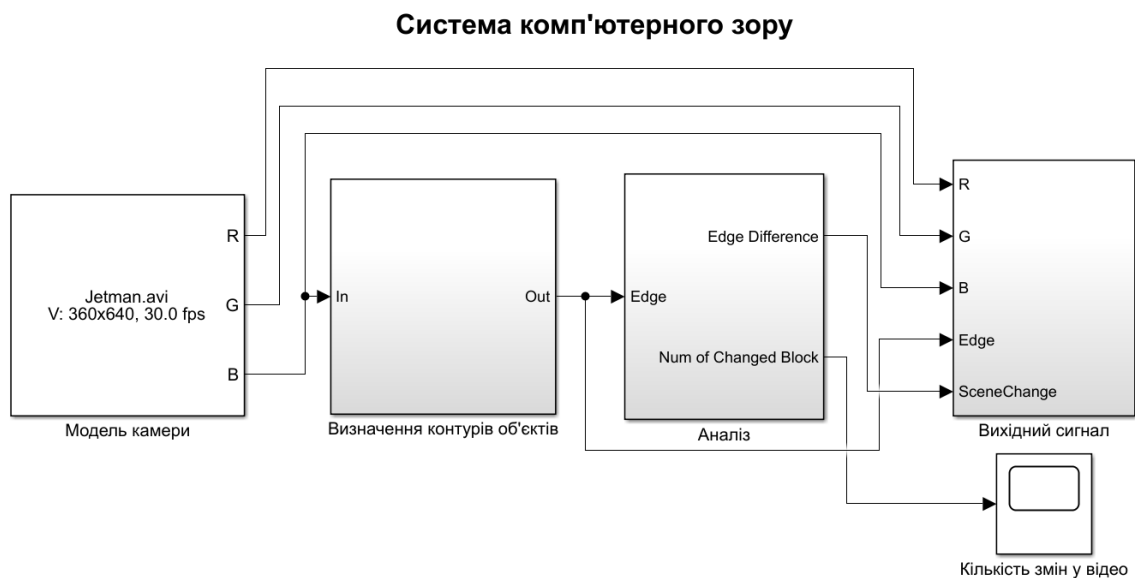


Рисунок 3.1 – Система комп'ютерного зору в Simulink

В Simulink для моделювання систем комп'ютерного зору можна використовувати наступні блоки і підходи. Блок використовується "From Multimedia File" або "Video Viewer" для завантаження вхідного зображення або відео.

Блоки для обробки зображення, такі як фільтри, функції виявлення країв, фільтри розмиття, бінаризації призначені для зміни параметрів зображення.

Блок властивостей регіону використовується для отримання характеристик об'єктів на зображенні, таких як площа, центр мас і т. д. Можете також використовувати блоки для відображення та візуалізації результатів, наприклад, "To Multimedia File" або "Video Viewer" для запису або відтворення вихідного відео з обробкою.

3.1 Устаткування

Система комп'ютерного зору може використовувати зовнішню відеокамеру, приєднану по порту USB або Ethernet. Можливе також використання відеозапису з файлу для емуляції роботи системи у реальному масштабі часу.

3.2 Експерименти і аналіз отриманих даних

У цьому розділі представлені експерименти та результати. Різні аспекти експериментів розробляються та аналізуються кількісно та якісно. Наведено короткий огляд робочого середовища та об'єктів, якими можна керувати, які використовувалися.

Для тестування реалізації роботів, я виконав одну певну маніпуляцію кілька разів. Типом маніпуляції було захоплення об'єкта зверху.

Різні об'єкти без особливих візуальних властивостей (колір, маркери і т.д.) були використані. Рух траєкторії був записаний в форму від абсолютного декарту, а позиції від кінцевого ефекту. Ці позиції були розраховані з інформацією кодера та кінематична модель.

Крім того, оцінка положення об'єкта і характеристики координати були записані.

Експерименти проводяться для аналізу різних аспектів імплементація. По-перше для загальної надійності і стабільності

перевіреної техніки. По-друге, результуюча траєкторія і поведінка системи аналізуються. Третій цікавий аспект - доопрацювання об'єкта і оцінка позиції. І останнє, візуальні аспекти, такі як використання простого об'єкта. Відстеження помилок та результати триангуляції перевіряються та аналізуються.

3.3 Кількісні результати

У цьому розділі представлені кількісні результати проведених експериментів. Ці результати можуть бути не зовсім репрезентативними, але вони вказують на базову тенденцію спроможностей.

Дані зведено до таблиць 3.1 і 3.2.

Таблиця 3.1 – Експериментальні дані: випробовування 1-10

Number	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
Object	Box	Box	Box	Box	Box	Box	Box	Box	Cube	Sph1
2D error	1	2	28	36	24	4	—	11	14	21
3D error	1.4	10.2	2.4	3.8	13.2	1.8	—	4.4	6.5	2.2
Δest	0.9	7.2	3.0	3.3	—	3.4	—	4.6	6.1	3.6
Distance	30.9	24.5	26.3	25.6	31.8	29.9	—	33.6	32.3	38.9
Success	Yes	No	Yes	Yes	No	Yes	No	Yes	Yes	Yes

Пояснення експериментальних даних

Дані експерименту або пробного n містяться у відповідній графі. Рядок Object називає об'єкт, який використовувався для цього конкретного випробування. Помилка рядка 2D представляє відстань (у пікселях) від центру виділення до центру виділення після переміщення.

Зміна оцінки Δest - це відстань між початковою оцінкою та остаточною оцінкою позиції (у см). Таким чином, він являє собою повну зміну оцінки. Про покращення оцінки з часом див. рисунок 3.1. Рядок

відстань показує загальну відстань (в см) між початковим і кінцевим положенням руки робота.

Успіх вказує на те, чи було захоплення і підйом успішним чи ні. Для деяких досліджень не всі дані могли бути отримані через різні проблеми.

Таблиця 3.2 – Експериментальні дані: випробовування 11-20

Number	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Object	Fra	Fra	Bot	Bot	Sph1	Sph1	Box	Box	Box	Sph2
2D error	9	18	8	10-15	—	11	—	7	2	—
3D error	3.7	10.4	3.9	2.4	—	3.3	7.0	4.0	4.0	2.1
Δ_{est}	2.9	5.6	1.0	5.9	—	14.8	4.0	2.5	1.7	3.5
Distance	26.6	40.9	37.1	31.9	—	29.8	24.1	28.6	24.5	27.9
Success	Yes	Yes	No	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

Червона точка позначає центр перед рухом і зелену точку після руху. Ця відстань є лише приблизною, оскільки початковий центр був обраний вручну на другому зображенні. Проте він показує точність відстеження об'єкта під час руху.

3.4 Інтерпретація даних

Загальний показник успіху близько 75% говорить про те, що представлена методика принципово працює. Подальше тлумачення слідує після зауважень щодо окремих випробувань:

1. Випробування 4: Відстежувані об'єкти були частково поза полем зору в кінці руху. Тому центр відбору перемістився і помилка 2D-відстеження була відносно великою.

2. Проба 5: Помилка 3D-позиції була великою через неправильну початкову оцінку. Похибка оцінки не могла бути розрахована з тієї ж причини.

3. Випробування 7/15: Через погане рішення зворотної кінематики всі відстежувані особливості залишили поле зору. В результаті повне випробування було зупинено і дані отримати не вдалося.

4. Випробування 13: Предмет (пляшку) не вдалося схопити через його орієнтацію.

Проба 12/17: Велика 3D-помилка була в основному у вертикальному напрямку і об'єкти можна було зрозуміти.

Як і очікувалося, кількісні результати свідчать лише про деякі слабкі висновки. Ці висновки можна зробити наступними: По-перше, представлений тех-Nique працює за відносно загальним сценарієм. Подальші поліпшення можуть реалізовуватися для підвищення надійності техніки. Навіть якщо 3D-помилка велика, маніпуляція виконується успішно. І останнє, доопрацювання оцінки позиції працює навіть для більших помилок (як, наприклад, тов- Об'єкти). Для більш репрезентативних результатів експерименти повинні бути виконані під різний умови.

Опорне положення, яке використовується для визначення похибки - це виміряне 3D-положення об'єкта. Ліве зображення показує чотири випробування з кращою початковою оцінкою. На правильному зображенні показано чотири випробування з гіршою початковою оцінкою. Обидва графіки показують, що похибка оцінки з часом глобально зменшується, навіть якщо в деяких випадках вона зростає локально. Для детального пояснення цієї поведінки необхідні подальші експерименти, оскільки багато параметрів впливають на цю помилку.

3.5 Якісний аналіз

Цей розділ містить аналіз траєкторій руху, поведінки системи та деяких візуальних аспектів.

На лівому зображенні траєкторія та оцінка положення будуються в 3D-просторі. Відповідний 2D-графік показаний на верхньому правому зображенні. На нижньому правому зображенні показано зміну (u, v) координат центру об'єкта. Підкреслюються три різні етапи руху (1-3). Зазначається початкова оцінка (S), а також остаточна оцінка (E) положення об'єкта.

Триангуляційний аналіз

У розділі 3.2 вже показано спосіб уточнення оцінки положення під час руху. Це робиться шляхом виконання нових триангуляцій, як описано в підрозділі 2 та підрозділі 3. Якщо початкова оцінка неточна (як, наприклад, на рисунку 3.2.), неправильна оцінка все одно може бути компенсована під час руху. У цьому випадку відстань між початковою та остаточною оцінкою становить ~ 15 см.

Якісний аналіз показує, що навіть невеликі переміщення цілі об'єкта можна терпіти. Поведінка системи відносно стійка. Навіть коли відбуваються невеликі збурення, рука робота успішно виконує маніпуляція. Крім того, аналіз доводить, що проста триангуляція, що тут використовується, виробляє хороший результат.

Для цього використовується поточний кадр камери та координати зображення. Ці промені використовуються для уточнення оцінки положення об'єкта. У нормальних умовах ці промені перекошуються через шум у кадрі камери та координати зображення. Таким чином, для оцінки положення нового об'єкта використовується метод апроксимації.

3.6 Висновки до третього розділу

У цьому розділі було сказано про програмне забезпечення, яке використовувалось для розширення візуального зору робота, також все устаткування, експерименти і аналізи, кількісні результати, інтерпретація даних, якісний аналіз.

Отже, після всіх експериментів та досліджень, ми можемо точно сказати, що як і очікувалося, кількісні результати свідчать лише про деякі слабкі висновки. Ці висновки можна зробити наступними: По-перше, представлений метод працює за відносно загальним сценарієм. Подальші поліпшення можуть реалізовуватися для підвищення надійності техніки. Навіть якщо 3D-помилка велика, маніпуляція виконується успішно. І останнє, доопрацювання оцінки позиції працює навіть для більших помилок (як, наприклад, mov- Об'єкти).

Також стало помітно дивну поведінку руху, яка виникає в кінці стадії 2, ймовірно, викликана кількома причинами. Однак, швидка зміна координат (u , v) вказує на те, що орієнтація камери істотно змінюється. Це означає, що управління орієнтацією або зворотна кінематика або і те, і інше індукують таку поведінку. Крім того, той факт що об'єкт знаходиться ближче до камери, підсилює цей ефект.

ВИСНОВКИ

Актуальність систем комп'ютерного зору зросла в останні десятиліття, завдяки швидкому розвитку технологій обробки зображень, комп'ютерної супутникової та штучного інтелекту. Системи комп'ютерного зору, також відомі як системи машинного зору або системи з обробки зображень, використовуються для збору, аналізу та розуміння візуальної інформації з навколишнього середовища. Вони грають значну роль у різних галузях та мають важливі застосування в сучасному світі.

Однією з ключових областей застосування систем комп'ютерного зору є промисловість. Вони використовуються для автоматизації виробничих процесів, контролю якості продукції та інспекції. Завдяки системам комп'ютерного зору можливо виявлення дефектів на виробках, контроль розмірів та форми виробів, а також здійснення навігації та переміщення роботів на виробничому майданчику. Це допомагає знизити витрати на виробництво, збільшити продуктивність та підвищити якість продукції. Ще однією актуальною областю є автономні системи, такі як автономні автомобілі та дрони.

Системи комп'ютерного зору використовуються для сприйняття оточуючого середовища та прийняття рішень залежно від ситуації на дорозі або в повітрі. Вони допомагають уникнути зіткнень, визначити оптимальний маршрут та забезпечити безпечне переміщення транспортних засобів. Системи комп'ютерного зору використовуються для відеоспостереження на об'єктах громадського користування, на транспортних магістралях, в аеропортах, на вокзалах та в інших місцях. Завдяки системам комп'ютерного зору можливо виявлення небезпечних ситуацій, незаконних дій та забезпечення безпеки громадських місць.

Представлена у роботі система комп'ютерного зору дозволяє маніпулювати об'єктами в неструктурованому середовищі. Щоб досягти цього, положення об'єктів оцінюється під час зорової циклу сервоприводу. Ця оцінка залежить від відомої траєкторії камери та відстеження особливостей зображення. Датчик сили використовується на додаток до датчиків зору для виявлення фізичного контакту, який необхідний для маніпуляційних завдань.

Основним внеском даної роботи є описане розширення зорової петлі. В результаті перевагами цього є менше використання попередніх знань і зручність маніпулювання простими об'єктами. Результати експериментів показують, що цей метод забезпечує надійне маніпулювання об'єктами в слабо структурованих середовищах.

Незважаючи на те, що оцінка позиції та маніпуляції працюють надійно, все ще є проблеми, які потребують обговорення.

Найбільш глибокий недолік виникає з використання зворотної кінематики для пізньої траєкторії. Коли нове положення кінцевого ефекта вимагає більшого руху деяких суглобів, відстежуваний об'єкт може зникнути поза полем зору камери. В результаті маніпуляцію доводиться починати заново.

Друга проблема пов'язана з тим, що не використовується орієнтаційна і структурна інформація про об'єкт. Отже, він працює тільки в тому випадку, якщо об'єктом можна маніпулювати без раніше виконаного обертання і якщо його структура дозволяє маніпулювати. Наприклад, якщо пляшка стоїть на столі і маніпуляція полягає в тому, щоб схопити пляшку, це може спрацювати тільки в тому випадку, якщо робот візьметься за пляшку збоку, а не зверху.

Ще один момент для обговорення передбачає спрощення, які робляться. В основному, вони використовуються для того, щоб зменшити трудомісткість. Як показують результати, є деякі недоліки, які

виникають у зв'язку з цим спрощенням. Тому, можна легко зробити кілька поліпшень, використовуючи більш загальні методи.

Інші важливі проблеми полягають у тому, що немає виявлення зіткнень і що переміщення об'єкта під час серворуху можливе лише в тому випадку, якщо рухи відносно невеликі.

Одним з важливих удосконалень було б використання оперативного контролю простору. На жаль, цей режим не міг бути використаний в цій реалізації. Проте, якщо керуюче програмне забезпечення підтримує цей режим, легко реалізувати управління швидкістю в робочому просторі. Оскільки положення об'єкта і поза кінцевого ефекту відомі, вектор швидкості може бути обчислений і використаний для руху.

Подальші завдання можуть включати розширення модуля відстеження. У представлений реалізації об'єкт представлений лише набором ознак в просторі зображення і однією точкою в 3D-просторі. Під час руху оцінюється положення в 3D-просторі, але подальша інформація про структуру об'єкта відкидається.

Можлива адаптація може включати оцінку структури та орієнтації об'єкта (Structure from Motion) з метою пошуку контактних точок для маніпуляції.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. М. Декер, М. Фішер та І. Отт. Сервісна робототехніка та людська праця: перша технологія як заміщення та співпраці. Робототехніка та автономні системи, 87:348–354, 2017. ISSN 09218890. DOI: 10.1016/j.robot.2016.09.017.
2. F. Chaumette and S. Hutchinson. *Visual Servo Control, Part I: Basic Approaches*. IEEE Robotics and Automation Magazine, volume 13 (4):82–90, 2006.
3. P. I. Corke. *Visual Control Of Robot Manipulators – A Review*. In *Visual Servoing*, 1–31. World Scientific, 1994.
4. P. I. Corke. *Visual Control Of Robot Manipulators – A Review*. In *Visual Servoing*, 1–31. World Scientific, 1994.
5. М. Ласіті, Л. Віллкокс, і А. Крейг. Автоматизація обслуговування: Когнітивні віртуальні агенти в SEB Bank.
6. J. Hill and T. W. Park. *Real Time Control of a Robot with a Mobile Camera*. 233–246, 1979.
7. Т. Мелтон. Переваги бережливого виробництва: Що лін-мислення може запропонувати індустріальному процесу. Хімічні інженерні дослідження та проектування, 83 (6 A): 662–673, 2005. ISSN 02638762. DOI: 10.1205/cherd.04351
8. D. Kragic and H. I. Christensen. *Survey on Visual Servoing for Manipulation*. Technical report, Computational Vision and Active Perception Laboratory, 2002.
9. S. Hutchinson, G. D. Hager and P. I. Corke. *A Tutorial on Visual Servo Control*. IEEE Transactions on Robotics and Automation, volume 12 (5):651–670, 1996.
10. F. Chaumette and S. Hutchinson. *Visual Servo Control, Part II: Advanced Approaches*. IEEE Robotics and Automation Magazine, volume 14

(1):109– 118, 2007.

11. E. Marchand, F. Spindler and F. Chaumette. *ViSP for Visual Servoing: A Generic Software Platform with a Wide Class of Robot Control Skills*. IEEE Robotics and Automation Magazine, volume 12 (4):40–52, 2005.

12. R. Lienhart and J. Maydt. *An Extended Set of Haar-like Features for Rapid Object Detection*. Image Processing, 2002 International Conference on, volume 1: I–900–I–903 vol.1, 2002.

13. M. Kass, A. Witkin and D. Terzopoulos. *Snakes: Active contour models*. International Journal of Computer Vision, volume 1 (4):321–331, 1987.

14. Р. Хіршфельд. Трирівнева архітектура розподілу. Шаблонні мови програм (PloP), (липень): 1–4, 1996.

15. К. Ле Клер, А. Каллен і М. Король. Forrester Wave™: роботизована автоматизація процесів, 1 квартал 2017 року. Технічний звіт, Forrester, 2017. URL-адреса <https://www.forrester.com/report/The+Forrester+Wave+Robotic+Process+Automation+Q1+2017/-/E-RES131182>.

16. С. Анагносте. Створення роботизованого центру передового досвіду з автоматизації процесів. Динаміка управління в економіці знань, 6(2):307–322, 2018. ISSN 23928042. doi: 10.25019/MDKE/

17. Б. Призма. Орієнтація на життєвий цикл, 2016. URL-<https://portal.blueprism.com>.

18. М. Кічмер. Роботизована автоматизація процесів - прагматичне рішення чи небезпечна ілюзія? Технічний звіт за червень 2017 року.

19. І. Баркін. Посібник з найкращих практик Дорожня карта автоматизації роботизованих процесів. Технічний звіт, Symphony Ventures, 2017. URL-<http://info.symphonyhq.com/rpa-guide>.

20. К. Ле Клер, Г. О'Доннелл, У. Маккеон-Уайт і Д. Лінч. TM Forrester Wave: роботизована автоматизація процесів, 2 квартал 2018

року. Технічний звіт, Forrester, 2018.

21. Л. Уілкокс, М. Лейсіті та А. Крейг. Роботизована автоматизація процесів на Xchanging. Серія робочих досліджень аутсорсингового підрозділу, сторінки 1–26, 2015. ISSN 15401979.

22. Й. Лайкер. Шлях Тойоти. Макгроу-Хілл Освіта, 2003. ISBN 978-0071392310.

23. А. Поль Брюне і С. Новий. Кайдзен в Японії: емпіричне дослідження. Міжнародний журнал операцій та управління виробництвом, 23 (12):1426–1446, 2003. ISSN 0144-3577. DOI: 10.1108/01443570310506704. URL-адреса <http://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/01443570310506704>.

24. А. Манос. Переваги заходів кайдзен та кайдзен. Прогрес якості, 40(2):47–48, 2007.

25. Harmouche-Karaki, M., Mahfouz, Y., Salameh, P., Matta, J., Helou, K., & Narbonne, J. F. (2019). Patterns of PCBs and OCPs exposure in a sample of Lebanese adults: The role of diet and physical activity. *Environmental Research*, 179. doi: 10.1016/j.envres.2019.108789

26. Matthew Klingensmith, Thomas Galluzzo, Christopher Dellin, Moslem Kazemi, J Andrew Bagnell, and Nancy Pollard. Closed-loop servoing using real-time markerless arm tracking. In *IEEE-RAS International Conference on Robotics and Automation (ICRA)-Humanoids Workshop*. Citeseer, 2013.

27. А. Конземіус, Д. О'Ніл, К. Комодор і К. Пульсфус. Сила цілей SMART: використання цілей для покращення навчання учнів. Видавництво дерева рішень, 2009. ISBN 9781934009925.

28. J. Baeten and J. De Schutter. Hybrid Vision/Force Control at Corners in Planar Robotic-Contour Following. *Mechatronics, IEEE/ASME Transactions on*, volume 7 (2):143 –151, 2002.

29. Diaz-Ramirez, V. H., Cuevas, A., Kober, V., Trujillo, L., & Awwal,

A. (2015). Pattern recognition with composite correlation filters designed with multi-objective combinatorial optimization. *Optics Communications*, 338, 77–89. doi: 10.1016/J.OPTCOM.2014.10.038

30. DiMarco, J., Severino, G., & Arpaia, P. (2019). Calibration technique for rotating PCB coil magnetic field sensors. *Sensors and Actuators, A: Physical*, 288, 182–193. doi: 10.1016/j.sna.2019.02.014

31. García-Martínez, P., & Arsenault, H. H. (2003). Nonlinear radial-harmonic correlation using binary decomposition for scale-invariant pattern recognition. *Optics Communications*, 223(4–6), 273–282. doi: 10.1016/S0030-4018(03)01680-8

32. Raphael Deimel & Oliver Brock. A novel type of compliant, underactuated robotic hand for dexterous grasping. *Robotics: Science and Systems*, Berkeley, CA, pages 1687–1692, 2014.

33. Barrett Tech. Inc. URL <http://www.barrett.com/products-arm.htm>.

34. Timo Aila & Samuli Laine. Understanding the efficiency of ray traversal on gpus. In *Proceedings of the conference on high performance graphics 2009*, pages 145–149. ACM, 2009.

35. Dupont, F., Stoukatch, S., Laurent, P., Dricot, S., & Kraft, M. (2018). 355 nm UV laser patterning and post-processing of FR4 PCB for fine pitch components integration. *Optics and Lasers in Engineering*, 100, 186–194. doi: 10.1016/j.optlaseng.2017.08.014

36. Fujiwara, K., Kano, M., & Hasebe, S. (2009). Correlation-based pattern recognition and its application to adaptive soft-sensor design. *IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline)*, 7(PART 1), 661–666. doi: 10.3182/20090712-4-tr-2008.00107

37. Fujiwara, K., Kano, M., & Hasebe, S. (2012). Development of correlation-based pattern recognition algorithm and adaptive soft-sensor design. *Control Engineering Practice*, 20(4), 371–378. doi: 10.1016/j.conengprac.2010.11.013

38. Samuel R Buss. 3D computer graphics: a mathematical introduction with OpenGL. Cambridge University Press, 2003.

39. Y. Aloimonos and I. Weiss. Active Vision. International Journal of Computer Vision, volume 1 (4):333 356, 1988.

40. B. Calli, M. Wisse and P. Jonker. Grasping of Unknown Objects via Curvature Maximization using Active Vision. IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), 995 1001, 2011.

					КВРАКІТ. 2020043.01.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		62

Ім'я користувача:
Кафедра АКІТІТК

ID перевірки:
1015652094

Дата перевірки:
20.06.2023 08:39:47 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
20.06.2023 11:45:46 EEST

ID користувача:
100005862

Назва документа: Петро Пеліховський вз

Кількість сторінок: 53 Кількість слів: 8713 Кількість символів: 66506 Розмір файлу: 3.26 MB ID файлу: 1015297746

369 слів позначені як "вилучені" та не враховуються у підрахунку слів

12.4% Схожість

Найбільша схожість: 3.41% з Інтернет-джерелом (<http://dspace.nbuu.gov.ua/bitstream/handle/123456789/161565/06-Tym>)

11.9% Джерела з Інтернету 120 Сторінка 55

2.36% Джерела з Бібліотеки 46 Сторінка 56

0% Цитат

Не знайдено жодних цитат

Посилання 1 Сторінка 56

0% Вилучень

Деякі джерела вилучено автоматично (фільтри вилучення: кількість знайдених слів є меншою за 8 слів та 0%)

Немає вилучених Інтернет-джерел

0% Вилученого тексту з Бібліотеки 1 Сторінка 56

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи 1

Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальне співпадіння з одним документом 1.0%

Словники перевірки: en_US, ru_RU, ua_UA. Помилки в документах: 7%

ID: 117259 Назва: БКР Роботизована система комп'ютерного зору Додано в БД: 2023-06-20 Автора: Петро ПЕЛІХОВСЬКИЙ Керівники: Микола ФЕДУЛА Консультанти: Опоненти:	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
	Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
	52878	552	1123 (2%)	14 (3%)

Джерело плагіату

ID	Опис	Наявність плагіату в документі	
		Символи	Лексеми

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Пеліховський Петро Вячеславович

Тема: Роботизована система комп'ютерного зору

Спеціальність: 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість листів креслень 3 Кількість сторінок записки 55

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: розроблено та виконано моделювання роботизованої системи комп'ютерного зору.
2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню
3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: у першому розділі проведено аналітичний огляд предметної області (проаналізовано напрями та тенденції розвитку сучасної робототехніки та систем комп'ютерного зору), а також виконано постановку задачі дослідження. В другому розділі кваліфікаційної роботи проаналізовано функціонування систем управління робота з сервоприводами та комп'ютерним зором. У третьому розділі побудовано та досліджено модель роботизованої системи комп'ютерного зору, яка дає можливість виділяти контури об'єктів у відеозображенні. Виконано аналіз характеристик обробки зображення системою комп'ютерного зору.
4. Позитивні сторони роботи: виконано розробку та моделювання роботизованої системи комп'ютерного зору, яка дає можливість достатньо точно виділяти контури об'єктів

5. Негативні сторони роботи: у роботі недостатньо описано процеси обробки колірних сигналів зображення

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на належному науково-технічному рівні.

8. Інші зауваження: відсутні

9. Оцінка дипломної роботи: добре (В)

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи) Капустян
Марія Вікторівна, доцент кафедри КІІС ХНУ

"19" 06 2023 р.

М.А. (підпис)

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ

КАФЕДРИ АВТОМАТИЗАЦІЇ, КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
РОБОТОТЕХНІКИ

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Роботизована система комп'ютерного зору

Автор: Пеліховський Петро Вячеславович

Спеціальність: 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітня програма: освітньо-професійна

Науковий керівник: Федула Микола Васильович, к.т.н., доцент

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

- 1) запозичення розміщені в розділах аналізу існуючих аналогів та прототипів, які не описують безпосередньо авторське дослідження і не стосуються результатів роботи;
- 2) усі запозичення фрагментарні, або мають посилання, оформлені належним чином;
- 3) окремі виявлені збіги є загальноживаними фразами або виразами, про що свідчить посилання системи на збіг з багатьма джерелами на один фрагмент речення;

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів/ідентичності/схожості, складає 12,4% і адресується до 166 першоджерел, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру наукового дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

20.06.2023р.

Завідувач кафедри АКІТтаР

Гарант ОП

Керівник роботи





Валерій МАРТИНЮК

Юрій ФОРКУН

Микола ФЕДУЛА

Завідувачу кафедри АКІТгаР
д-ру техн.наук, проф. Мартинюку В.В.

Пеліховський П.В.

ПІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 3 курсу, групи АКІТс-20-1

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті» від 01.07.2022, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений(а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на наявність плагіату ознайомлений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

06.06.2023

дата



підпис