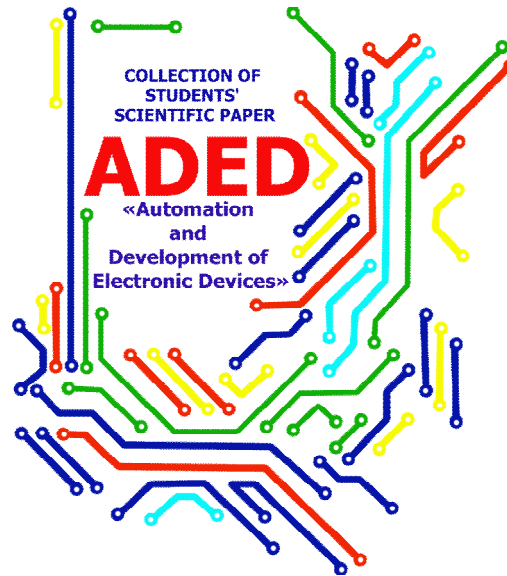


Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки



ЗБІРНИК

студентських наукових статей

«Автоматизація та приладобудування»

«Automation and Development of Electronic Devices»

ADED-2019

(Випуск 2)

[електронне видання]



<http://nure.ua/department/kafedra-komp-yuterno-integrovanih-tehnologiy-avtomatizatsiyi-ta-mehatroniki-kitam>



<http://itez.zntu.edu.ua/>



<http://kafea.kdu.edu.ua>

Харків 2019

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки
кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки
(КІТАМ)

ЗБІРНИК

студентських наукових статей

«Автоматизація та приладобудування»

«Automation and Development of Electronic Devices»

ADED-2019

(Випуск 2)

[електронне видання]

Харків 2019

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Голова: **Невлюдов Ігор Шакирович**, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.

Филипенко Олександр Іванович, доктор технічних наук, професор, декан факультету Автоматики та комп'ютеризованих технологій, Харківського національного університету радіоелектроніки.

Цимбал Олександр Михайлович, доктор технічних наук, професор, кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.

Палагін Віктор Андрійович, доктор технічних наук, професор кафедри автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки

Косенко Віктор Васильович, кандидат технічних наук, доцент, директор Державного підприємства «Харківського науково-дослідного інституту технології машинобудування».

Замірець Микола Васильович, доктор технічних наук, професор, директор Державного підприємства Науково-дослідного технологічного інституту приладобудування.

Свищ Володимир Митрофанович, доктор технічних наук, професор, радник директора Державне науково-виробниче підприємство «Об'єднання Комунар».

Фомовська Олена Владиславівна, кандидат технічних наук, доцент завідувач кафедри «Електронних апаратів» Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського.

Кухаренко Дмитро Володимирович, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Електронних апаратів» Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського

Шило Галина Миколаївна, кандидат технічних наук, доцент завідувач кафедри Інформаційних технологій електронних засобів, Запорізького національного технічного університету.

Фурманова Наталія Іванівна, кандидат технічних наук, доцент кафедри Інформаційних технологій електронних засобів, Запорізького національного технічного університету.

Малий Олександр Юрійович, кандидат технічних наук, доцент кафедри Інформаційних технологій електронних засобів, Запорізького національного технічного університету.

Відповідальний редактор: **Євсєєв Владислав В'ячеславович**, кандидат технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА ПРИЛАДОБУДУВАННЯ («Automation and Development of Electronic Devices» ADED-2019) [Електронний ресурс] : збірник студентських наукових статей / Харківський національний університет радіоелектроніки ; [редкол.: І.Ш. Невлюдов та ін.]. – Харків : ХНУРЕ, 2019. – Вип. 2. – 199 с.

COLLECTION OF STUDENTS' SCIENTIFIC PAPER «AUTOMATION AND DEVELOPMENT OF ELECTRONIC DEVICES» ADED-2019 Part 2 (Key infrastructure 2019) - Kharkiv/ The Editorial.: Nevlyudov I.Sh. (head), that all. Kharkiv: Kind of Kharkiv National University of Radio Elektronik [electronic edition], 2019.- 199 p with.

Рекомендовано рішенням
Науково-технічної ради
Харківського національного
університету радіоелектроніки
протокол №6 від 29.11.2018

Збірник містить наукові статті студентів кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки (КІТАМ) Харківського національного університету радіоелектроніки, кафедри Інформаційних технологій електронних засобів (ІТЕД) Запорізького національного технічного університету та кафедри Електронних апаратів (ЕА) Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського які навчаються за спеціальностями: 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, 172 Телекомунікації та радіотехніка, 171 Електроніка та 163 Біомедична інженерія, першого (бакалаврського), другого (магістерського) рівнів вищої освіти. Статті надані в авторській редакції.

ЗМІСТ

<i>А. В. Гавриленко</i> Система керування сигнальними пристроями регулювання дорожнього руху за допомогою нейронної мережі	7
<i>А. В. Кугір, В. М. Пилипенко, С.С. Костенко</i> Дослідження мініатюрних лінійних п'єзоелектричних двигунів	11
<i>А. В. Кугір</i> Дослідження сучасних сенсорних систем промислових роботів	15
<i>Я.О. Радченко</i> Макет з'єднання і програмна реалізація контролю зору для мобільних роботів на базі Raspberry Pi та мови програмування Python	20
<i>А.О. Андріїв, І.А. Деміров</i> Аналіз методів дослідження геометрії топології поверхонь підкладок МОЕМС-перемикачів	27
<i>Т. О. Бабак</i> Компоненти WEB-системи для автоматизації банку віртуальних валют	31
<i>М.Ю. Білоус, В.І. Павленко</i> Особливості автоматизованого управління технологічними процесами	34
<i>В.В. Горожеєв</i> Огляд сучасних акселерометрів та їх сфери застосування	38
<i>Д. Р. Кузяєв</i> Вибір та аналіз середовища розробки 3D моделей	43
<i>А.І. Демська, І.І. Дерев'янка</i> Аналіз процесу візуалізації інформації для людино-орієнтованого проектування інтерфейсу	47
<i>Д. В. Ігнатенко, І. О. Волощенко</i> Автоматизована система вимірювання метеорологічних показників	51
<i>Є. К. Юсубов, М. О. Сверчков, Д. В. Алмосов, А. С. Михайленко, А. А. Львов</i> Аналіз технологій забезпечення комфортного існування у суспільстві осіб з порушенням зору	55
<i>С.С. Гоцкало, О.В. Ключко, А.А. Панков, К.В. Хіхля</i> Створення макету електронного замку для частного та корпоративного використання	59
<i>Е.Ю. Козейчук</i> Стан сучасного проектування дронів, системи управління дронами, конструкції коптерів, елементи коптерів, SOLIDWORKS	64
<i>С.А. Васюта</i> Моделювання гнучкого виробничого модуля багатошарових товстоплінкових плат	67
<i>А. Є. Мажара, В.І. Павленко, О.М. Бурма</i> ІНДУСТРІЯ 4.0 як промислове виробництво майбутнього	71
<i>А.В. Микитенко</i> Обзор современных типов баз данных для взаимодействия с современными приложениями	75
<i>В.І. Павленко, М.Ю. Білоус</i> Методи управління розумним будинком	81
<i>В.І. Павленко, А. Є. Мажара, О.М. Бурма</i> LIGA технологія	85
<i>О.М.Пазушко</i> Програмний термінал, який виконує функцію читання статусу вхідних контактів або виконує функцію читання вхідних реєстрів	89

<i>Е. А. Левченко, И. А. Ситало, Е. Г. Медовая</i>	95
Перспективы развития автоматизированного производства	
<i>И. А. Ситало, Е. О. Левченко, К. Г. Медова</i>	99
Концепція гнучкого виробництва	
<i>К. Є. Скрипник, Ю. М. Піщур</i>	103
Аналіз технології побудови локальної карти середовища мобільного робота	
<i>М.О. Верьовкін</i>	110
Мобільні роботи: можливості, перспективи, проблеми	
<i>Т.І. Павленко, Н.Ю. Шило</i>	114
Принципи й компоненти концепції INDUSTRY 4.0	
<i>Є.О. Самойленко, В.В. Бендер</i>	118
Використання програмно реалізованого алгоритму розпізнавання об'єктів на зображенні під час розробки карти приміщення	
<i>С.О. Борн, М.В. Кондратюк</i>	122
Автоматизація досліджень фотоелектричних параметрів фокліних концентраторних кремнієвих сонячних батарей на основі плат ARDUINO	
<i>В.В.Завалій</i>	126
МЭМС-давачі руху STMICROELECTRONICS	
<i>Ф.Баррі</i>	130
Розробка компонентів інформаційно управляючої системи фітнес центра	
<i>А.О Тарантін.</i>	134
Аналіз методів проектування промислових комп'ютерних мереж	
<i>С.П.Циганок</i>	138
Аналіз управління безколекторним двигуном постійного струму	
<i>Д.О. Бойко</i>	141
Кінематика 3D принтерів. види та особливості	
<i>Д.С.Близнюк</i>	147
3D принтер. Налаштування переміщень XYZ осей та екструдеру	
<i>Р.Є. Стрілець</i>	152
Якість друку фотополімерного 3D принтера	
<i>К. І. Гладських</i>	156
Аналіз та вибір матеріалу для побудови несучої констркунції 3D-принтера за технологією DLP	
<i>О. Ю. Сергійко</i>	159
Дослідження параметрів багатозондового контактного пристрою для контролю мікросхем VGA	
<i>С.В. Філь</i>	165
Технології виготовлення стабілізованих матеріалів	
<i>А. А. Бондар, В. О. Глотка</i>	168
Аналіз структури та функціональних можливостей сучасних систем контролю та управління доступом	
<i>С.В.Костенко</i>	173
Дистанционное управление мобильными мехатронными системами	
<i>Т.І. Павленко, Н.Ю. Шило</i>	179
Аналіз колаборативних роботів	
<i>Е. Ю. Валковская, Г. Ю. Кострова, А. А. Брадул, В.А. Запорожсец</i>	183
Анализ работы схемы локационной системы промышленного робота.....	
<i>Ю.М. Піщур, В. К. Матюшенко, А. А. Скрипкин</i>	191
Аналіз технології виготовлення гнучких друкованих плат.....	
<i>Алфавітний список</i>	198

МАКЕТ З'ЄДНАННЯ І ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЗОРУ ДЛЯ МОБІЛЬНИХ РОБОТІВ НА БАЗІ RASPBERRY PI ТА МОВИ ПРОГРАМУВАННЯ PYTHON

Я. О. Радченко

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки, 14

E-mail: yakiv.radchenko@nure.ua

Анотація: В сьогоdnішній час робота сучасних мобільних роботів найчастіше пов'язана з постійним і активним переміщенням в динамічному оточенні.

У зв'язку з інтенсивною роботизацією кожної сфери обслуговування, наприклад, сервісних роботів для контакту з людьми, впровадження різних типів роботизації на виробництві, виникла серйозна необхідність створення таких роботів, які могли б не тільки вміти рухатися по заздалегідь визначеними маршрутами і виявляти перешкоди, але і класифікувати їх, щоб при необхідності гнучко та швидко підстроїтися під змінне оточення. Таке завдання реалізується на основі використання технічного зору. У даній роботі я пропоную розібратися з основними моментами реалізації технічного зору, наприкладі, використання міні-комп'ютера Raspberry Pi3 з мовою програмування Python 3.

Ключові слова: Роботизація, змінне оточення, мобільних роботів, технічного зору, міні-комп'ютера, Python 3.

MODEL CONNECTION AND SOFTWARE VISION CONTROL FOR MOBILE WORKS BASED ON RASPBERRY PI AND PYTHON PROGRAMMING LANGUAGES

Y. Radchenko

Kharkiv National University of Radioelectronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av.,14

E-mail: yakiv.radchenko@nure.ua

Abstract: Nowadays, the work of modern mobile robots is often associated with the constant and active movement in a dynamic environment. Due to the intensive robotization of each service sector, for example, service robots for human contact, the introduction of various types of robots at work, there was a serious need to create such robots that could not only be able to navigate predetermined routes and identify obstacles, but and classify them to adapt flexibly and quickly to the changing environment when needed. Such a task is realized through the use of technical vision. In this paper, I propose to deal with the main points of the technical view, for example, the use of a Raspberry Pi3 mini-computer with Python 3 programming language.

Key words: robotization, changing environment, mobile robots, technical vision, mini-computers, Python 3.

В даній час широко поширений такий вид руху роботів, як їзда по лінії. Це широко використовується як на початковому рівні створення і впровадження в малі галузі промисловості та для тестингу, так і для великих підприємств, заводах які вже не перший рік користуються і щоденно використовують роботизовані системи для полегшення праці. AGV (Automatic Guided Vehicle) – роботи переміщуються по заздалегідь намальованих лініях, та здійснюють ту чи іншу операцію яка закладена в середині системи. При організації робото змагань – часто можна зустріти завдання, так чи інакше пов'язані з орієнтуванням по лініях. Головною інформацією за допомогою яких робот отримує дані, є інфрачервоні

датчики, які визначають різницю в контрасті лінії і навколишнього фону, і магнітні датчики, які використовуються в разі застосування магнітних ліній.

Але, як правило, завжди на виробництві існує безліч рухомих об'єктів, які потенційно можуть стати перешкодою для робота, тому робот завжди повинен не тільки отримувати інформацію про свій маршрут і рухомих об'єктах, але також повинен аналізувати оточення, щоб у разі потреби мати можливість швидко відреагувати на ситуацію, що виникла [1].

При розробці мобільних роботів потрібно враховувати, які завдання поставлені перед мобільним роботом, щоб підібрати необхідні сенсорні пристрої для їх вирішення. Так, наприклад, для вирішення завдання переміщення всередині робочої зони робот може бути оснащений лазерними сканерами і GPS-пристроями для визначення власного положення, тоді як для вирішення завдання локальної навігації мобільний робот може бути оснащений простими ультразвуковими або інфрачервоними датчиками по периметру [1].

Адже саме його комплектація та грамотне призначення для чого він потрібен є найважливішим фактором у визначенні того, чи буде ваш продукт корисний для покупця та надійний при використанні.

Методом дослідження буде слугувати міні-комп'ютер RASPBERRY PI3 з операційною системою GNU/LINUX, дистрибутив DEBIAN. Звісно ж програмною й найважливішою частиною для взаємодії і створення між мобільним роботом та навколишнім середовищем буде слугувати мовою програмування PYTHON. Головним завданням буде – це реалізація системи контролю зору для мобільних роботів та їх головний принцип зв'язку.

Щоб досягнути реальної мети в розробці певної технології потрібно чітко розуміти, для чого буде розроблений цей продукт, та чи буде корисне дане введення для сучасного світу. Але до теперішнього часу немає досконалого та чіткого алгоритму розробки системи безконтактного руху мобільних роботів, щоб вони не робили свої помилки і могли без жадних перебоїв контактувати з динамічною середою, що ускладнює роботу у даному напрямі. Це, у свою чергу, породжує потребу в науковому дослідженні питань якості новітніх систем реалізації та впровадження в світ щось нового.

Для вирішення зазначеної вище проблеми на допомогу приходять системи технічного зору, що дозволяють роботу отримувати максимально повну інформацію про стан оточення навколо нього. По суті - система технічного зору є «очима» робота, здатними за допомогою камери оцифровувати навколишню область і надавати інформацію про фізичні характеристики об'єктів, що знаходяться в ній у вигляді даних о:

- розмірах
- розташування в просторі
- зовнішній вигляд (колір, стан поверхні і т.д.)
- маркування (розпізнавання логотипів, штрих-кодів і т.д.).

Одержані дані можуть бути використані для ідентифікації об'єктів, вимірювання їх будь-яких характеристик, а також управління ними.

В основі системи технічного зору лежить цифрова камера, яка знімає навколишній простір, потім отримані дані обробляються процесором з використанням певного алгоритму аналізу зображення для виділення з них і класифікації параметрів. На цьому етапі йде підготовка і висновок даних у вигляді, зручному до обробки контролером робота. Потім дані передаються безпосередньо на контролер робота, де ми їх можемо використовувати для управління роботом.

На рисунку нижче буде наведено приклад того, як система візирів на дорозі отримує інформацію та ініціалізує її (рис. 1).

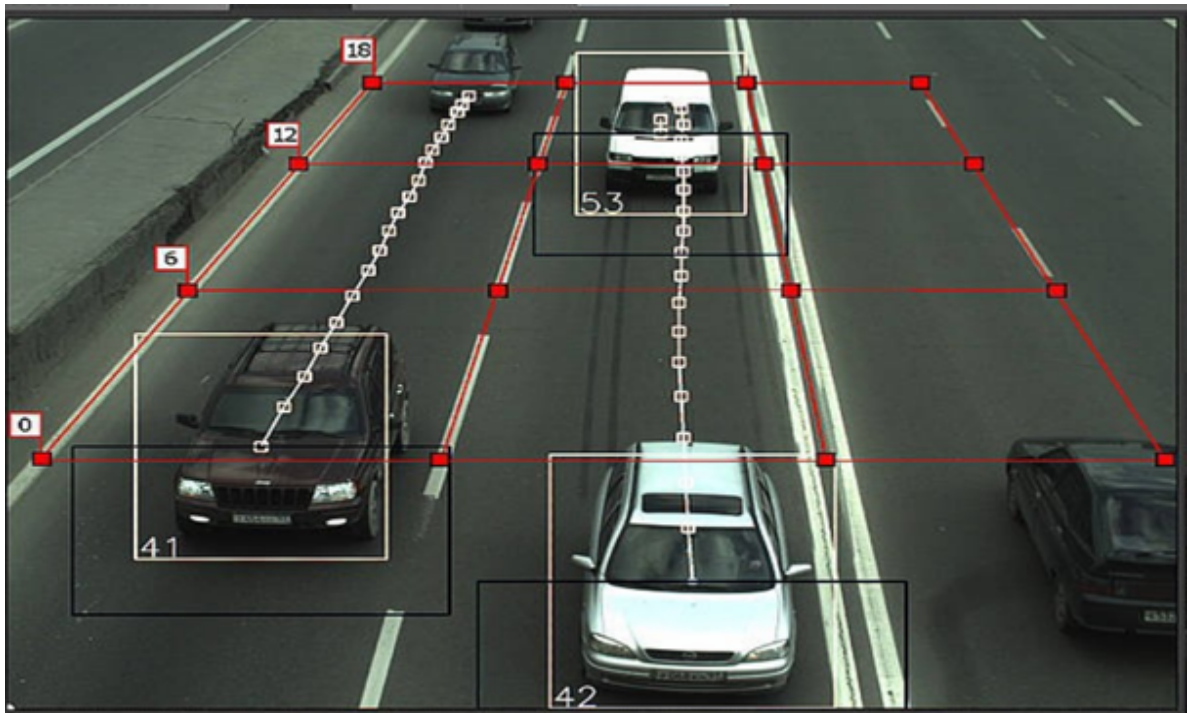
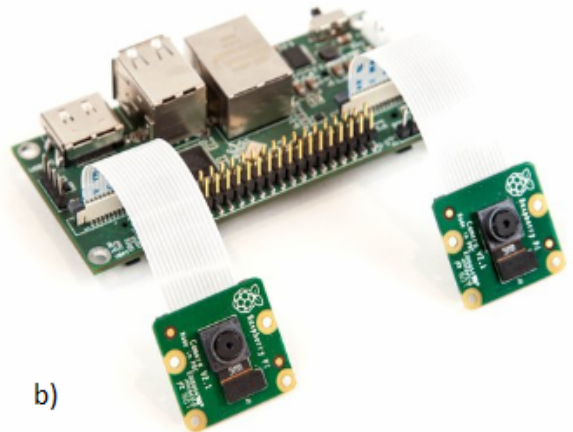


Рисунок 1 – Приклад системи розпізнання технічного зору об'єктів у певному діапазоні

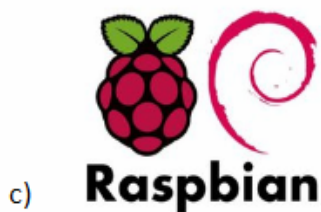
При розробці макета, буде використане додаткове технічне обладнання. STEREOPI – це стереоскопічна камера з відкритим кодом на основі RASPBERRY PI3. Він може захоплювати, зберігати, транслювати і обробляти в реальному часі стереоскопічне відео і зображення. STEREOPI відкриває безмежні можливості в галузі робототехніки, AR/VR, комп'ютерного зору, інструментів дронів. Технічне обладнання яке потрібне щоб реалізувати макет (рис. 2) [2]:



a)



b)



c)



d)

Рисунок 2 – Технічне обладнання, що використовуються при збірці макета

– RASPBERRY PI3 міні-комп'ютер, найважливіша частина для розробки макета та програмування всіх його частин (рис. 2,a). Данна модель дозволяє приєднання до нього зовнішніх пристроїв і управління ними за допомогою різних програмних пакетів (найбільш популярним є PYTHON). Різні датчики, світлодіоди, двигуни, реле та інші електронні компоненти можуть підключатися через GPIO контакти. Тому ми можемо істотно розширювати функціонал мікрокомп'ютера, створюючи з нього робочу станцію для кожного конкретного проекту;

– STEREOPI є платою-носієм для обчислювального модуля RASPBERRY PI і сумісна з усіма варіантами обчислювальних модулів: CM1, CM3 (рис. 2,b). Головна перевага цього носія – це відмінна підтримка PYTHON та тонни прикладу коду [2];

– з RASPBERRY PI в своїй основі STEREOPI, природно, використовує стандартний RASPBIAN. (рис. 2,c). RASPBIAN поставляється з встановленим програмним забезпеченням для освіти, програмування і загального користування. Він має Python, Scratch, Sonic Pi, Java і багато іншого;

– PYTHON, мова програмування в RASPBIAN для створення всієї програми та алгоритмів дій (рис. 2,d). Звичайно, RASPBIAN поставляється з PYTHON, а це значить, що почати розробку зі STEREOPI так само просто, як встановити PICAMERA, чистий інтерфейс PYTHON для модуля камери RASPBERRY PI, який підтримує стерео захват, наприклад:

```
from picamera import PiCamera
camera = PiCamera(stereo_mode = 'side-by-side', resolution = (1280, 720
))
camera.capture('foo.jpg')
```

PICAMERA – це пакет надає чистий інтерфейс PYTHON для модуля камери RASPBERRY PI для PYTHON 2.7 (або вище).

Для використання алгоритмів комп'ютерного зору повинні не забувати о такій бібліотеці як: OPENCV (Open Source Computer Vision) – фактично, – це набір типів даних, функцій і класів для обробки зображень алгоритмами комп'ютерного зору. Реалізована на C/C ++.

ПРОЦЕС ІНСТАЛЯЦІЇ ТА ВЗАЄМОДІЇ МІЖ ОБ'ЄКТАМИ. Ми вже знаємо, що будемо працювати з такою операційною системою як GNU/LINUX, на початку праці повинні оновити нашу ОС:

```
apt-get update
apt-get upgrade
```

Завантажимо OPENCV. Вилучимо архів zip-файл. При цьому буде створена директорія /usr/src/opencv-2.4.13.7

```
cd /usr/src
wget https://github.com/opencv/opencv/archive/2.4.13.7
.zip
unzip 2.4.13.7.zip
```

Далі створюємо всередині каталог <release>, переходимо в нього і налаштуємо проект.

```
cd opencv-2.4.13.7
mkdir release
cd release
cmake -D CMAKE_BUILD_TYPE=RELEASE -D CMAKE_INSTALL_PREFIX=/usr
/local ..
```

Якщо все закінчиться добре, ми отримаємо наступне повідомлення:

```
-- Configuring done
-- Generating done
-- Build files have written to: /usr/local/src/opencv-2.4.13.7
/release
```

Далі потрібно скомпілювати результат.

Після того як вдасться успішно скомпілювати OPENCV, робимо установку: <make install>. Як були інсталювані певні бібліотеки то ми можемо перейти до збірки нашого макету. Отже розроблений метод та взаємодію між нашою системою можна графічно показати у вигляді алгоритму представленому на рисунку 3.

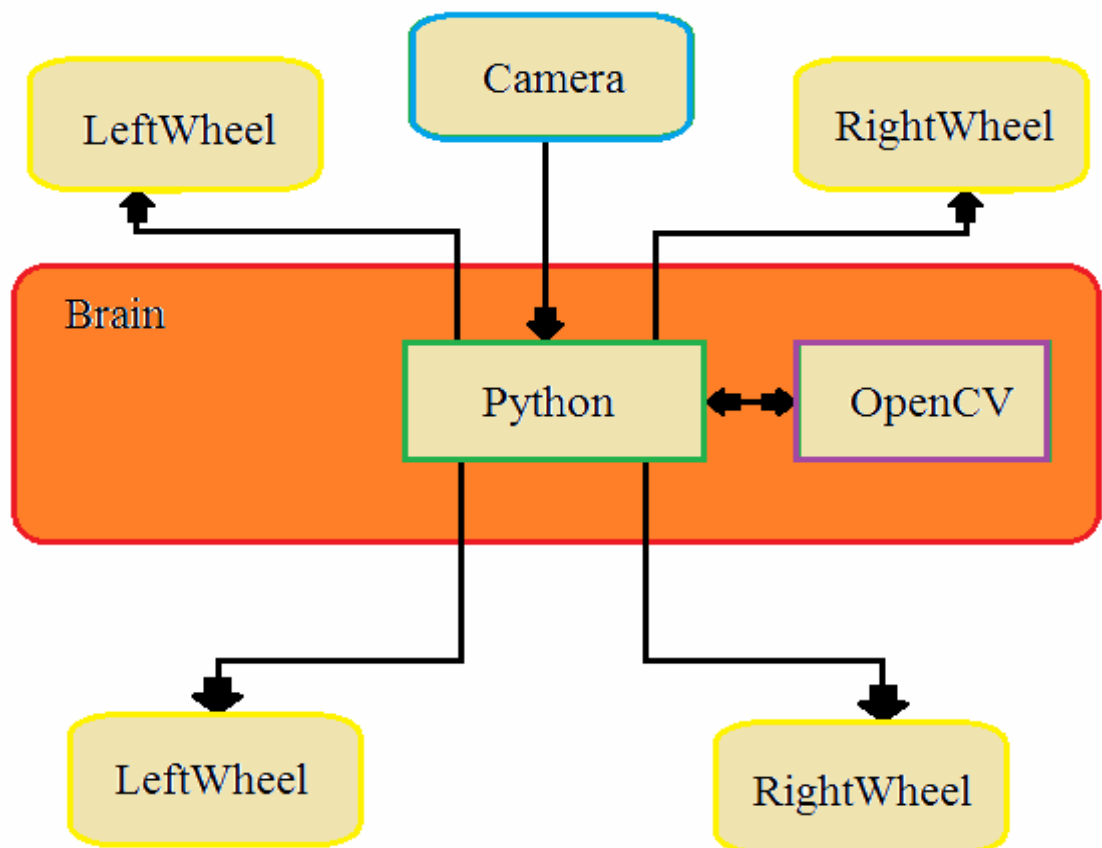


Рисунок 3 – Алгоритм взаємодії моделі

Як ми бачимо – «мозок» робота отримує зображення, розпізнає (за допомогою OPENCV) і передає керуючі команди на колеса. І замінивши зображення з камери на 3D зображення, а

управління колесами – на управління віртуальними колесами 3D робота у віртуальному світі – ми отримаємо макет для відпрацювання логіки.

Отримуємо, таку архітектуру для віртуального макета (рис. 4):

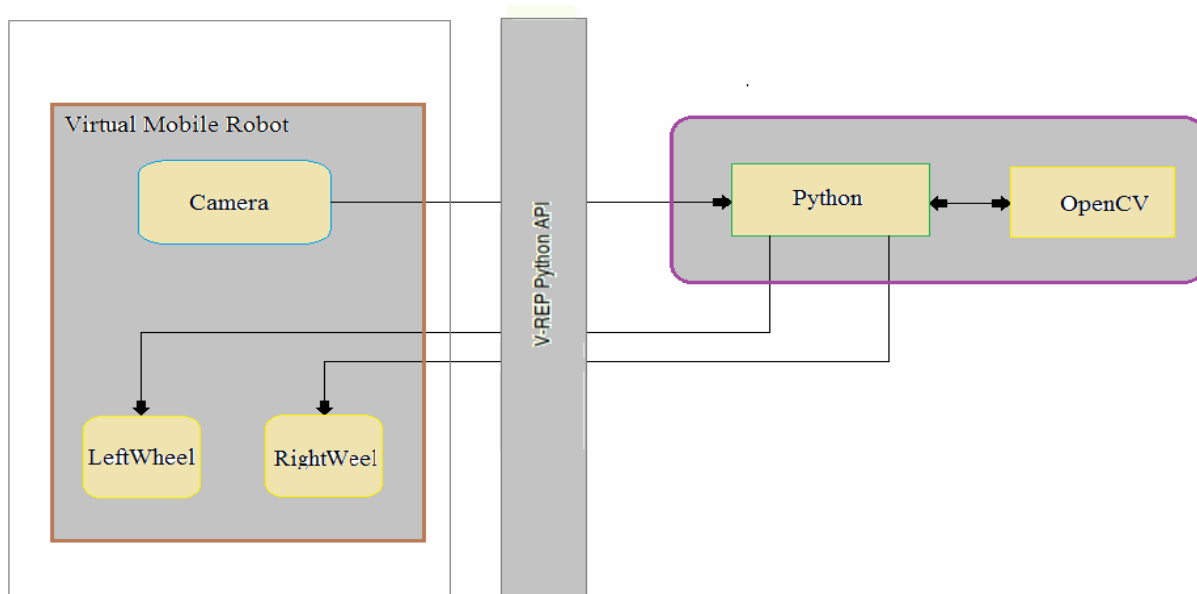


Рисунок 4 – Макет перетворення у 3D реальність

Необхідно вирішити задачу зв'язку V-REP із зовнішнім PYTHON скриптом, який виконує розпізнавання образів за допомогою OPENCV, і виводить маркер навколо знайденого об'єкта.

Виходить така архітектура (рис. 5):

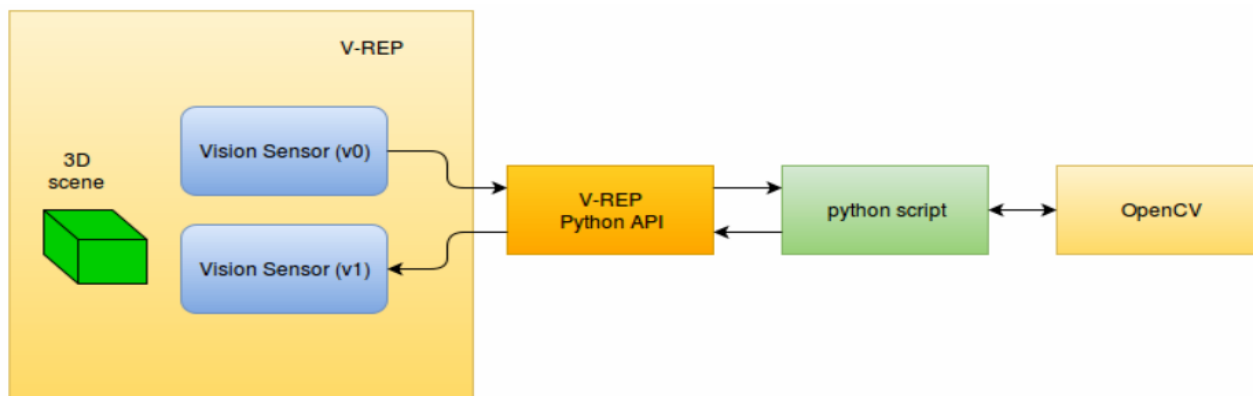


Рисунок 5 – Зв'язок між камерою спостереження та діями після обробки сигналу

Як ми бачимо, ми, знову прибігаємо до підключення внутрішніх різних систем для розробки нашого макету, на прикладі V-REP.

І так, що таке V-REP? – Це середовище для моделювання роботів. V-REP компанії Coppelia Robotics – один з найдосконаліших симуляторів на даний час. Програмний комплекс є кросплатформним і безкоштовним для використання в освітніх цілях. Симулятор складається з фізичного і графічного движка, що дозволяє досить комфортно працювати з програмою [4].

Наступним і остатнім кроком буде сама мова програмування PYTHON [5].

При запуску V-REP автоматично завантажується плагін який забезпечує зв'язок PYTHON API. Для роботи з API через PYTHON скрипт, необхідна наявність трьох файлів в папці:

- remoteApi.so (або remoteApi.dll)
- vrep.py
- vrepConst.py

Їх можна скопіювати з V-REP каталогу. Після цього можна імпортувати модуль V-REP:

```
import vrep
```

Найпростіший скрипт, що підключається до API, виглядає так:

```
import vrep
vrep.simxFinish(-1)
clientID = vrep.simxStart('127.0.0.1', 199997, True, True, 5000, 5)
if clientID != -1:
    print('Connected to remote API server')
    while (vrep.simxGetConnectionId(clientID) != - 1):
        print('some work')
else:
    print('Failed to connect to remote API server')
vrep.simxFinish(clientID)
```

На нашому макеті є два об'єкти – v0 і v1 – це VISUAL SENSOR з першого ми зчитуємо картинку, на другий ми повинні записувати результат. Тому ми повинні отримати ці об'єкти в контексті нашого PYTHON скрипта, робиться це за допомогою API команди vrep.simxGetObjectHandle:

```
res, v0 = vrep.simxGetObjectHandle(clientId, 'v0', vrep.simx_opmode_ones
hot_wait)
res, v1 = vrep.simxGetObjectHandle(clientId, 'v1', vrep.simx_opmode_ones
hot_wait)
```

РОЗРОБКА УЗАГАЛЬНЕНОГО АЛГОРИТМУ СТВОРЕННЯ ЕТАЛОННОГО ЗРАЗКУ.
Після виконання останнього кроку: завантаження програмного інтерфейсу для зв'язку з PYTHON API та імпортування модуля V-REP, ми отримали рішення задачі зв'язку V-REP із зовнішнім PYTHON скриптом, яка дозволяє користуватись програмою з комп'ютерних пристроїв, використовуючи повноцінний функціонал макета.

Грунтуючись на розробці реалізації задачі за допомогою PYTHON для досягнення мети дослідження, необхідно підвищення ефективності V-REP симулятора на етапах проектування або вдосконалення.

Тому потрібно розглянути питання для створення додаткового інструмента, в даному випадку еталонного зразка, для оцінки якості з програмної та ергономічної точок зору.

Цей алгоритм є основою для створення такого типу задач, звісно розроблений макет може доповнюватися ще більш цікавими бібліотеками та зовнішніми компонентами зв'язку.

В подальшій роботі можливо, за результатами аналізу наукових джерел або статей модернізувати, як програмну частину макета, щоб діапазон можливостей нашого робота був ще в декілька разів більше та розробити логіку для прийняття адекватних рішень при взаємодії з динамічним середовищем.

ЛІТЕРАТУРА

1. Володин Ю.С. Телевизионная система объемного зрения для управления движением мобильного робота: диссертация / Ю.С. Володин. – М. : Знания, 2011. – 209 с.
2. Сайт CROWDSUPPLY. An open source stereoscopic camera based on Raspberry Pi [Электронный ресурс]: Режим доступа : <https://www.crowdsupply.com/virt2real/stereopi>.
3. Сайт habr.com [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/473750/> – Назва з екрану.
4. [Электронный ресурс]: Режим доступа : http://www.count-zero.ru/2016/vrep_intro/.
5. Коробков А. Ф., Барасий В. В. Python та анализ кода //Научно-технический вестник информационных технологий. – 2002. – №. 6. – С. 153-155.
6. Невлюдов І.Ш. Автоматизована система керування технологічними процесами в SCADA системі TRACE MODE 6: Навчальний посібник / І.Ш. Невлюдов, А.О. Андрусевич, В.В. Євсєєв, С.С. Максимова, М.Г. Стародубцев, В.В.Невлюдова. Кривий Ріг: Криворізький коледж НАУ, 2018. 320 с.
7. Yevsieiev, V. Program code automated system development at early stage of software life cycl / V. Yevsieiev // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: «Обчислювальна техніка та автоматизація». – Покровськ: ДВНЗ «ДонНТУ». Випуск 1 (30). – 2017. – С. 69 – 78.
8. Yevsieiev, V. Object semantic model for life cycle model ‘Jamp’ / I.Sh. Nevlyudo, V. Yevsieiev, S. Miliutina, K. Kolesnyk // CAD in Machinery Design. Implementation and Educational Issues. 25 Proceedings of Polish-Ukrainian Conference CADMD’2017, October 20-21, 2017, Bielsko Biala. – P. 31 – 32.