

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Західноукраїнський національний університет  
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій  
Кафедра комп'ютерної інженерії

Чирська Тетяна Володимирівна

**Програмний модуль керування елементами  
робочого столу комп'ютера на основі жестів  
/Software module for controlling elements of the  
computer desktop based on gestures**

спеціальність: 123 – Комп'ютерна інженерія  
освітньо-професійна програма – Комп'ютерна інженерія

Кваліфікаційна робота

Виконала: студентка групи КІ-41  
Чирська Тетяна Володимирівна

Науковий Керівник  
к.т.н. Піцун О.Й.

ТЕРНОПІЛЬ-2023

## РЕЗЮМЕ

Кваліфікаційна робота на тему «Модуль керування засобами робочого столу жестами» зі спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія» освітнього ступеня «бакалавр» містить 84 сторінок пояснюючої записки, 16 рисунків, 3 таблиці, 3 додатки. Обсяг графічного матеріалу 2 аркуші формату А3.

Метою кваліфікаційної роботи є розроблення програмного керування засобами робочого столу за допомогою жестів.

Метою розробки модуля керування засобами робочого столу жестами є створення ефективного та інтуїтивно зрозумілого інструменту для керування комп'ютером без використання фізичної миші.

Досліджено основні проблеми і вимоги для виконання основних функцій модуля. Розроблено алгоритми для виконання основних функцій програмного модуля, визначено часові рамки виконання дії. Перевагою створеного програмного модулю є покращення умов життя людям з обмеженими можливостями і можливість використання з будь-якою ОС.

Розроблено програмний модуль для керування засобами робочого столу жестами, що реалізує такі функції: керування мишкою; виконання кліку; фіксація рухів; виконання основних дій фізичної мишки.

Ключові слова: ПРОГРАМНИЙ МОДУЛЬ, ЖЕСТИ, КЕРУВАННЯ ЕЛЕМЕНТАМИ РОБОЧОГО СТОЛУ.

## RESUME

The qualification work on the topic "The module for controlling desktop tools with gestures" from the specialty 123 "Computer engineering" of the bachelor's degree contains 55 pages of an explanatory note, 19 figures, 12 tables, 3 appendices. The amount of graphic material is 2 sheets of A3 format.

The goal of the qualification work is the development of software control of desktop tools using gestures.

The goal of the Gesture Desktop Control module is to create an efficient and intuitive tool for controlling your computer without using a physical mouse.

The main problems and requirements for performing the main functions of the module were studied. Algorithms for performing the main functions of the software module have been developed, and the time frame for the execution of the action has been determined. The advantage of the created software module is the improvement of living conditions for people with disabilities and the possibility of use with any OS.

A software module has been developed for managing desktop tools with gestures, which implements the following functions: mouse control; performing a click; fixation of movements; performing the basic actions of a physical mouse.

Keywords: SOFTWARE MODULE, GESTURES, CONTROL OF DESKTOP ELEMENTS.

## ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень .....	9
Вступ.....	10
1 Аналіз модуля керування засобами ПК за допомогою жестів.....	14
1.1 Аналіз модуля керування засобами ПК.....	14
1.2 Аналіз засобів керування комп'ютером .....	15
1.3 Опис програмних засобів для реалізації модуля .....	23
1.4 Висновок до розділу .....	29
2. Алгоритми безконтактного керування елементами робочого столу .....	30
2.1 Аналіз вимог до модуля керування персональним комп'ютером .....	30
2.2 Проектування модуля керування персональним комп'ютером .....	34
2.3 Аналіз існуючих алгоритмів розробки безконтактного керування .....	37
3. Програмна реалізація модуля керування персонального комп'ютера .....	45
3.1 Вибір програмних засобів для реалізації модуля керування комп'ютером... ..	45
3.2 Реалізація модуля керування ПК жестами.....	49
3.3 Тестування роботи системи .....	55
4 Техніко-економічне обґрунтування.....	60
4.1 Розрахунок витрат на розробку програмного забезпечення .....	60
4.2 Визначення прогнозованої (договірної) ціни КС .....	64
4.3 Визначення економічної ефективності.....	65
Висновки .....	67
Список використаних джерел .....	69
Додаток А Вихідний текст програмного засобу .....	74
Додаток Б Довідка про використання .....	83
Додаток В Світлокопії виданих публікацій.....	84

					<b>КР.КІ.9500060.00.00.000 ПЗ</b>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ПРОГРАМНИЙ МОДУЛЬ КЕРУВАННЯ ЕЛЕМЕНТАМИ РОБОЧОГО СТОЛУ КОМП'ЮТЕРА НА ОСНОВІ ЖЕСТІВ	Літ.	Арк.	Акрюшів
Розробив	Іваненко І.В.						8	
Перевір.	Мельник Г.М.					ЗУНУ,ФКІТ, КІ-41		
Консульт.	Савка Н.Я.							
Н. Контр.	Мельник Г.М.							
Затвердив	Дубчак Л.О.							

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ПК-персональний комп'ютер

МН-машинне навчання

QA - Quality Assurance

VR – Virtual reality

ООП-об'єктно орієнтоване програмування

ПЗ- програмне забезпечення

ОС – операційна система

IDE - Інтегроване середовище розробки (Integrated Development Environment)

DL - Глибоке навчання (Deep Learning)

NN- Нейронна мережа (Neural Network)

CNN - Згорткова нейронна мережа (Convolutional Neural Network)

RNN - Рекурентна нейронна мережа (Recurrent Neural Network)

					КР.КІ.9500060.00.00.000.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

Актуальність модуля керування засоби робочого столу жестами полягає у потребі удосконалення способів взаємодії користувача з комп'ютером. Ось кілька основних аспектів, що підкреслюють актуальність цієї теми:

Модуль надає можливість користувачам керувати комп'ютером без фізичного присутності реальної миші. Це дозволяє забезпечити зручність і зручний доступ до комп'ютерних функцій, особливо в ситуаціях, коли фізична миша не є доступною або зручною для використання.

Дана програма може включати додаткові функції та можливості, які розширюють способи взаємодії з комп'ютером. Наприклад, вона може підтримувати жести, дотикове керування, розпізнавання мимовільних рухів або використання камери для виявлення рухів користувача. Це дозволяє створювати нові, більш інтуїтивні та ефективні способи взаємодії з комп'ютером.

Також може бути корисною для людей з фізичними обмеженнями, які не можуть використовувати традиційну мишу. Вона надає можливість керувати комп'ютером за допомогою рухів руки, голосових команд або інших альтернативних методів, що сприяє покращенню доступності інформаційних технологій для всіх користувачів.

Використання в розробці віртуальної реальності та розширеної реальності: Віртуальна миша є важливим елементом взаємодії в системах віртуальної реальності та розширеної реальності. Вона дозволяє користувачам навігувати, вибирати об'єкти, виконувати дії та спілкуватися у віртуальному середовищі. Завдяки віртуальній миші користувачі можуть більш ефективно та натурально взаємодіяти з цими технологіями.

Отже, актуальність модуля полягає в її потенціалі покращити способи взаємодії користувача з комп'ютером, забезпечити більшу зручність та доступність інформаційних технологій, а також розширити можливості

					КР.КІ.9500060.00.00.000.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використання в сучасних системах віртуальної реальності та розширеної реальності.

Об'єктом дослідження віртуальної мишки є сама концепція та технологія віртуального керування комп'ютером без використання фізичної миші. Основна увага при дослідженні модуля керування ПК спрямована на розробку та оптимізацію алгоритмів, методів та інтерфейсів, які дозволяють користувачам зручно, точно та ефективно керувати комп'ютером за допомогою віртуальної мишки.

Об'єкт дослідження може також включати різноманітні аспекти використання модуля безконтактного керування ПК, такі як її застосування в ігровій індустрії, в системах віртуальної та розширеної реальності, в медичних додатках, в педагогічних середовищах тощо. В цьому контексті об'єктом дослідження може бути ефективність використання віртуальної мишки в різних сферах і аналіз її переваг та обмежень.

Дослідження об'єкта модуля керування засобами ПК за допомогою жестів може включати такі аспекти, як алгоритми розпізнавання рухів, визначення позиції, точність керування, способи взаємодії та ергономіку інтерфейсу. Однак, об'єктом дослідження також може бути практичне застосування модуля в конкретних сценаріях, які включають в себе розробку програмного забезпечення, апаратне забезпечення та взаємодію з користувачами. Усі ці аспекти модуля керування ПК можуть бути об'єктом дослідження з метою покращення функціональності, ефективності та використання цієї технології в різних сферах життя і промисловості.

Метою розробки модуля керування засобами робочого столу жестами є створення ефективного та інтуїтивно зрозумілого інструменту для керування комп'ютером без використання фізичної миші. Основні цілі модуля керування комп'ютером є:

-Створення інтерфейсу, який дозволяє користувачам взаємодіяти з комп'ютером за допомогою рухів та жестів, що є природними та звичними.

					КР.КІ.9500060.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Метою є забезпечення зручності використання та мінімізація зусиль, необхідних для керування.

- досягнення високої точності та реактивності модуля. Це дозволяє користувачам точно вибирати об'єкти, виконувати дії та навігувати по екрану без помітних затримок або неточностей.

- може бути розробка модуля керування комп'ютером, яка підтримує різні режими та функціональності, такі як вибір, перетягування, скролінг, розміщення вікон тощо. Метою є створення всебічного інструменту, який задовольняє потреби різних користувачів та сценаріїв використання.

- розробка модуля керування комп'ютером, який підтримує різні операційні системи та платформи, такі як Windows, macOS, Linux, а також мобільні платформи. Це дозволяє користувачам використовувати модуль керування комп'ютером на різних пристроях та забезпечує універсальність її застосування.

Узагальнюючи, мета розробки модуля керування комп'ютером полягає в створенні потужного, зручного та інноваційного інструменту для керування комп'ютером, який задовольняє потреби користувачів у точності, зручності використання та реактивності.

Для досягнення мети роботи слід виконати такі завдання:

- описати основні вимоги до модуля керування персональним комп'ютером;
- визначити, які функції і можливості повинен мати модуль керування ПК за допомогою жестів;
- провести порівняльний аналіз існуючих програмних модулів;
- ознайомитися з різними технологіями і алгоритмами для розпізнавання жестів та контролю курсору;
- дослідити основні бібліотеки для роботи з модулем;
- охарактеризувати алгоритми розробки модуля керування комп'ютером;
- розробити користувацький інтерфейс

					КР.КІ.9500060.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12



- розробити багаторівневий проект модуля керування засобами комп'ютера за допомогою жестів.

Об'єкт дослідження. Модуль керування персональним комп'ютером за допомогою жестів

Предмет дослідження. Розробка модуля керування комп'ютером за допомогою жестів

У першому розділі було проаналізовано основні функціональні можливості модуля керування засобами персонального комп'ютера жестами. Здійснено аналіз існуючих програмних рішень і алгоритмів розробки програми. Також виконано порівняльний аналіз існуючих модулів безконтактного керування а саме їх типи а також переваги і недоліки кожного з них

У другому розділі було розроблено основні вимоги до модуля керування засобами персонального комп'ютера жестами. Для найкращого відображення роботи модуля було використано діаграми які відображали роботу модуля. На основні вимог було проаналізовано різні алгоритми і їх використання в модулі а також проаналізовано розробку інтерфейсу програми. Крім цього було поведено аналіз всіх алгоритмів для розробки модуля, а також описано переваги і недоліки кожного.

У третьому розділі описано середовище розробки модуля керування засобами персонального комп'ютера жестами. А також проаналізовано мови програмування їх функціонал і швидкість в розробленому модулі. Було розроблено повноцінний модуля керування засобами персонального комп'ютера жестами. Крім того було описано засобами тестування покрокову роботу кожної функції модуля керування засобами персонального комп'ютера жестами

У додатках представлено копії публікацій результатів кваліфікаційної роботи.

					КР.КІ.9500060.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

# 1 АНАЛІЗ МОДУЛЯ КЕРУВАННЯ ЗАСОБАМИ ПК ЗА ДОПОМОГОЮ ЖЕСТІВ

## 1.1 Аналіз модуля керування засобами ПК

Стан та аналіз модуля керування засобами ПК за допомогою жестів відображають поточний стан розробки та функціональні можливості цього інструменту. Важливо розглянути основні аспекти, що стосуються його розвитку і застосування. Ось деякі ключові аспекти, які можуть бути включені в аналіз:

Модуль керування ПК за допомогою жестів є однією з передових технологій, яка постійно розвивається. Дослідження та інновації у галузі розпізнавання рухів, забезпечення точності та швидкості реакції, покращення взаємодії з користувачем та інших аспектів допомагають поліпшувати функціональність та зручність використання модуля керування ПК жестами.[1]

Аналізується, які переваги модуля керування засобами ПК за допомогою жестів пропонує користувачам. Це може включати зручну керуваність, немає потреби в фізичній миші, гнучкість взаємодії з різними пристроями, можливість налаштування параметрів тощо.

Важливо розглянути, як модуль керування засобами ПК може бути використана в різних сферах, таких як комп'ютерні ігри, віртуальна реальність, медична сфера, дизайн та інші. Аналізуються потенційні переваги та обмеження використання віртуальної миші в кожній з цих сфер.[2]

Враховуються проблеми та виклики, пов'язані з використанням програмного модуля, такі як складність розпізнавання рухів, непродуктивні взаємодії, можливість виникнення помилок тощо. Аналіз цих аспектів допомагає виявити потенційні обмеження та вдосконалити технологію.

Аналізується майбутнє використання та розвиток модуля. Розглядаються можливості удосконалення алгоритмів розпізнавання рухів, інтеграції з іншими технологіями, розширення функціональних можливостей та ін.

					КР.КІ.9500060.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Аналіз стану та функціональних можливостей модуля керування засобами ПК враховує як наявні досягнення, так і потенційні можливості для подальшого розвитку. Це допомагає визначити напрямки подальшого дослідження та вдосконалення цієї технології.

## 1.2 Аналіз засобів керування комп'ютером

Огляд і аналіз існуючих рішень є важливою частиною дослідження в галузі віртуальної миші. Він допомагає оцінити наявні рішення та їх характеристики з метою вибору найбільш підходящого для конкретного використання. Необхідно провести аналіз існуючих програм, які можуть бути використані для вирішення поставлених завдань. Для проведення аналізу існуючих рішень доцільним є використовувати такі пункти як:

- Провести ретельний пошук та зібрати інформацію про різні рішення в галузі керування комп'ютером. Це можуть бути наукові статті, дослідження, комерційні продукти, відкритий вихідний код, технічні документації тощо.
- Визначити критерії, за якими будуть оцінюватись існуючі рішення. Це можуть бути такі критерії,[3] як функціональність, ефективність, точність, швидкодія, зручність використання, підтримка платформ тощо.
- Ретельно проаналізувати кожне існуюче рішення, враховуючи встановлені критерії. Оцінити, наскільки кожне рішення задовольняє вимоги та потреби конкретного використання. Порівняти їх за різними аспектами та зробити висновки.
- Визначити переваги та обмеження кожного рішення. Розглянути їх у контексті конкретного використання та з'ясувати, як це може вплинути на ефективність та виконання поставлених завдань.

					КР.КІ.9500060.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

- На підставі аналізу вибрати оптимальний варіант, який найкраще відповідає вимогам та потребам. Це може бути одне з існуючих рішень або комбінація декількох рішень, що забезпечують найкращий результат.

Визначивши які критерія будемо використовувати для порівняння готових рішень було розглянуто 4 приклади :

-Контролер PCEye

На виставці CES 2012 Tobii продемонстрував контролер PCEye та інтерфейс Gaze UI, які разом дозволяють користувачам керувати комп'ютером лише рухами очей. За рік після анонсу компанія переробила та вдосконалила свою технологію, що, на відміну від багатьох інших і прототипів, проявилось у кінцевому продукті.[4]

Компанія Tobii оголосила, що готова почати виробництво пристрою REX, який підключається до USB-порту комп'ютера та приєднується до передньої панелі дисплея комп'ютера чи ноутбука під керуванням Microsoft Windows 8. Використовуючи вдосконалений інтерфейс Gaze UI, контролер REX дозволяє користувачам керувати комп'ютером лише очима, не торкаючись жодних елементів керування для більшості повсякденних завдань. Системне програмне забезпечення дозволяє користувачеві переглядати різні програми, змінювати співвідношення зображень, вибирати окремі елементи веб-сторінок, прокручувати вгору та вниз і виконувати багато інших операцій.[5]

Сам пристрій REX має розмір приблизно з кулькову ручку, що дозволяє легко прикріпити його до нижньої частини екрана. Датчики, розміщені всередині пристрою, відстежують положення та рухи очей і голови користувача. Дані передаються на комп'ютер через інтерфейс USB, де спеціалізована програма, драйвер, перетворює дані в серію стандартних команд управління. На жаль, поточний драйвер пристрою REX доступний лише для операційної системи Windows 8, тому чи будуть драйвери для інших типів операційних систем, потрібен час і популярність нових пристроїв, щоб судити. На відміну від пристрою PCEye, який є надбудовою, розширенням функціональності

					КР.КІ.9500060.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

стандартної миші чи тачпада, новий пристрій REX та його програмне середовище є повністю незалежною системою.

– Myo Gesture Control:

Переваги:

- легко запам'ятовуються жести;
- точно та швидко визначення жестів;
- працює з існуючими популярними іграми.
- погано: дорого;
- Обмежений вибір окремих ігор;

Кому варто придбати: геймерам і тим, хто має великі бюджети, які хочуть керувати своїм комп'ютером на відстані.

Підсумок: Myo Armband може точно розпізнавати жести, але він дорогий, і вибір ігор може бути більшим.[6]

Технічні компанії вже давно намагаються переконати нас, що махати нашим екранам – це кращий спосіб взаємодії з нашими комп'ютерами, ніж використання миші, клавіатури чи контролера. Kinect від Microsoft, Wii від Nintendo, PlayStation Move від Sony, технологія RealSense від Intel, контролер Leap Motion Controller — список можна продовжувати. Тим не менш, навіть з урахуванням технологічних удосконалень, ще не існує пристрою, який би змінив правила гри і був би справді кращим за статус-кво.

Тепер ще одна компанія кидає капелюха в управління жестами, хоча й з іншим підходом. Замість того, щоб використовувати спеціальні камери, які визначають рух і глибину, стартап Thalmic Labs's Myo armband виявляє рухи користувача та перетворює їх на комп'ютерне керування.

Після того, як пов'язка Myo одягнена на ваше передпліччя, її датчики починають зчитувати електричну активність ваших м'язів. Таким чином він може виявляти жести, які потім передаються на ваш комп'ютер, щоб виконувати такі дії, як керування літальним апаратом у грі або гортати мелодії на Spotify. На

					КР.КІ.9500060.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

відміну від вищезазначених технологій, для Муо не потрібно перебувати в полі зору камери.[7]

Футуристичний Муо за 200 доларів відрізняється від інших гаджетів із керуванням жестами цікавими способами. Але це не змушує мене вірити, що незабаром ми всі будемо махати своїми комп'ютерами та ігровими консолями.

–GestureWorks Gameplay — це утиліта, створена компанією Ideum з використанням її технології GestureWorks, щоб увімкнути різноманітне керування дотиком і жестами для ігор на пристроях Windows 8. Програмне забезпечення було припинено 7 червня 2016 року.

Утиліта Gameplay була використана для створення та використання контролерів сенсорного екрану для комп'ютерних ігор, що працюють на Windows 8, без необхідності використання зовнішнього контролера або миші та клавіатури. Користувачі можуть вибирати з широкого спектру екранних кнопок і елементів управління жестами, які можуть бути зіставлені з командами клавіатури та миші, що використовуються в грі. Для багатьох пристроїв також була доступна підтримка акселерометра. На додаток до надання накладення керування на мобільних пристроях, Gameplay був сумісний із пристроями Android, щоб гравці могли використовувати свій пристрій Android із Bluetooth як контролер для своїх комп'ютерних ігор.[8] Елементи керування ігровим процесом можна було легко налаштувати, а деякі аспекти елементів керування, такі як розмір і розташування кнопок, можна було навіть налаштувати під час гри, коли контролер використовувався.

На додаток до можливості користувачам створювати власні контролери, існувала бібліотека готових контролерів, створена Gestureworks Gameplay та членами спільноти, яка містила понад 250 віртуальних контролерів. Геймплей був доступний через Steam.

Геймплей GestureWorks отримав схвальні відгуки від Гейба з Penny Arcade (Майк Крахулік) і Tom's Hardware. Ігри Behemoth розглянули GestureWorks Gameplay як хороший новий спосіб зробити свою популярну гру Castle Crashers

					КР.КІ.9500060.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

зручною для планшетів [10], а керівник проекту The Behemoth Еміль Аюбхан каже, що GestureWorks Gameplay «ідеально підходить» для того, щоб перенести їхню гру на планшетні ПК. Ця технологія також була представлена в програмній промові на Форумі розробників Intel у 2013 році.[9]

– EyeMine

SpecialEffect – британська спеціалізована компанія, що розробляє інтерфейси, сумісні з технологіями на основі Eye Tracker, які керують вказівником миші. Технологія використовується переважно людьми з руховими порушеннями, які не можуть взаємодіяти з комп'ютерами за допомогою миші та клавіатури.

Компанія запустила своє програмне забезпечення EyeMine, засноване на Open Source, щоб молоді люди могли грати в Minecraft на власні очі у версії для ПК. Програма може бути безкоштовно завантажена тими, хто має обліковий запис Minecraft та сумісний з кількома марками Eye Tracking.

EyeMine - це науковий проект та технологія адаптивного інтерфейсу, яка дозволяє керувати комп'ютером за допомогою очей. Головною метою EyeMine є надання можливості взаємодії з комп'ютером для осіб з важкими порушеннями рухової функції, які не можуть використовувати традиційні пристрої вводу, такі як миша або клавіатура.[10]

Завдяки технології відстеження рухів очей, EyeMine реєструє рухи очей користувача та перетворює їх на дії на екрані комп'ютера. Це дозволяє особам з обмеженими можливостями використовувати комп'ютер для комунікації, навчання, розваг та інших завдань.

EyeMine є важливим кроком у полі допоміжних технологій, спрямованих на полегшення доступу до комп'ютера для людей з обмеженою руховою здатністю. Цей проект має потенціал значно покращити якість життя та незалежність цієї групи користувачів, надаючи їм можливість взаємодіяти з технологіями на рівні, що раніше був недосяжним.

					КР.КІ.9500060.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

EyeMine використовує спеціальні камери або датчики, що встановлюються перед користувачем, для відстеження рухів їх очей. Збирані дані про рухи очей обробляються за допомогою комп'ютерних алгоритмів та програмного забезпечення, що аналізують позицію і напрямок погляду користувача.

EyeMine надає різноманітні функції та можливості, включаючи керування курсором на екрані, вибір елементів іконок або пунктів меню, набір тексту, скролінг сторінок, виконання спеціальних жестів та багато іншого. Всі ці функції реалізуються[11] за допомогою відстеження рухів очей та програмного забезпечення, що інтерпретує ці дані і перетворює їх на відповідні дії на комп'ютері.

Однією з важливих переваг EyeMine є його можливість налаштування під індивідуальні потреби користувача. Він дозволяє змінювати швидкість реакції, чутливість, конфігурацію та інші параметри, щоб забезпечити найкращий комфорт та ефективність взаємодії.

У результаті, EyeMine відкриває нові можливості для осіб з обмеженою руховою здатністю, дозволяючи їм ефективно взаємодіяти з комп'ютером за допомогою простого руху очей. Ця технологія може значно полегшити повсякденне життя таких осіб, роблячи комп'ютер доступним та функціональним інструментом для комунікації, навчання та розваг.

Хоча EyeMine є цінним інструментом для осіб з обмеженою руховою здатністю, він також має деякі недоліки, які варто врахувати:

- EyeMine потребує встановлення спеціальних камер або датчиків перед користувачем для відстеження рухів очей. Це може бути обтяжливим або незручним для деяких користувачів[12]. Крім того, вартість такого обладнання може бути високою, що обмежує доступність технології.

- EyeMine вимагає калібрування перед використанням, щоб точно визначити позицію та рухи очей користувача. Цей процес може бути тривалим та вимагати деякої терпимості з боку користувача.

					КР.КІ.9500060.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20



– У деяких випадках точність відстеження рухів очей може бути обмеженою. Це може призвести до неточності або помилок при взаємодії з комп'ютером, особливо в ситуаціях, коли потрібні дуже точні керування або дотик.

– Використання EyeMine може призвести до втоми очей, особливо в разі тривалого використання. Неперервне спрямування уваги на екран та відстеження рухів очей може викликати напруження та дискомфорт.[13]

– Хоча EyeMine надає ряд функцій для взаємодії з комп'ютером, вони можуть бути обмеженими в порівнянні з традиційними пристроями вводу, такими як миша або клавіатура. Деякі складні операції або взаємодії можуть бути викликані труднощами з точністю або швидкістю відстеження рухів очей.

Не зважаючи на ці недоліки, EyeMine залишається значним кроком у напрямку розширення можливостей взаємодії людей з обмеженою руховою здатністю з комп'ютером. З постійним розвитком технологій і вдосконаленням алгоритмів, ці недоліки можуть бути подолані, роблячи EyeMine ще більш ефективним та зручним інструментом для користувачів.

– Leap Motion - це компанія, яка розробляє та продає контролери жестів рук. Вони використовують технологію комп'ютерного зору для виявлення рухів рук та пальців користувача. За допомогою програмного забезпечення Leap Motion можна налаштувати різні жести для виконання різних команд на комп'ютері.

Leap Motion - це система жестового керування, яка використовує комп'ютерний зір для виявлення рухів рук та пальців користувача. Вона має свої переваги і недоліки:

Переваги:

– Leap Motion має дуже високу точність виявлення рухів, що дозволяє користувачам виконувати точні дії на екрані.

– Система має низьку затримку, що дозволяє користувачам отримувати миттєвий зворотний зв'язок на свої рухи.

					КР.КІ.9500060.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

– Leap Motion не потребує фізичного контакту з користувачем, що дозволяє зручно використовувати його в різних ситуаціях.

– Є доступ до відкритих інтерфейсів програмування (API), що дозволяє розробникам створювати власні додатки та інтегрувати систему в різні середовища.[14]

#### Недоліки:

– Обмежений простір виявлення: Leap Motion має обмежений простір виявлення рухів, що означає, що користувачам потрібно триматися у визначеному діапазоні для ефективного керування.

– Для оптимальної роботи системи необхідне яскраве освітлення, і вона може бути менш ефективною в умовах недостатнього освітлення.

– Користувачі можуть відчувати дефіцит фізичного відчуття, оскільки відсутній фактичний контакт з об'єктами на екрані.

– Leap Motion визнає лише обмежений набір жестів, інші складні жести можуть бути викликані для виявлення.

В цілому, Leap Motion - це потужна система жестового керування зі своїми перевагами і обмеженнями. Вибір використання цієї системи залежить від конкретних потреб користувача та контексту застосування.

OpenPose - це бібліотека комп'ютерного зору, яка здатна виявляти людські тіла та розпізнавати рухи за допомогою веб-камери або відеозапису. Вона має свої переваги і недоліки:

#### Переваги:

– OpenPose здатна точно визначати положення людських тіл та розпізнавати рухи, що дозволяє використовувати її для розпізнавання жестів та керування рухом.

– Може виявляти кілька людських тіл одночасно, що дозволяє використовувати її для додатків, які вимагають виявлення та аналізу декількох людей одночасно.

					КР.КІ.9500060.00.00.000.ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– OpenPose є відкритим програмним забезпеченням з відкритими інтерфейсами програмування (API), що дозволяє розробникам використовувати його для створення власних додатків та інтеграції з іншими системами.

Недоліки:

– OpenPose вимагає потужних обчислювальних ресурсів для виявлення та аналізу людських тіл в реальному часі. Це може бути обмеженням для використання на пристроях з обмеженими обчислювальними можливостями.

– OpenPose може бути менш ефективним, якщо вихідне зображення має низьку якість або затемнене освітлення. Це може призводити до недостатньо точного виявлення та розпізнавання.[15]

– OpenPose може розпізнавати лише обмежений набір жестів, інші складні жести можуть бути викликані для виявлення.

В цілому, OpenPose є потужним інструментом для виявлення та аналізу людських тіл та рухів, але його використання може мати обмеження залежно від контексту застосування.

### 1.3 Опис програмних засобів для реалізації модуля

Існує багато засобів для реалізації модуля управління ПК, від яких деякі наведено нижче: Python є одним з найпопулярніших мов програмування для розробки модулів управління ПК. Він має безліч бібліотек, які дозволяють працювати зі звуком, зображеннями, відео та даними в реальному часі. Наприклад, можна використовувати бібліотеку OpenCV для розпізнавання жестів рук, або SpeechRecognition для розпізнавання голосових команд. [16]

C++ є мовою програмування, яка широко використовується для розробки програмного забезпечення, включаючи модулі управління ПК. Ця мова

					КР.КІ.9500060.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

має великий вибір бібліотек, які можуть допомогти у розробці модулів управління ПК.

Arduino є платформою для розробки електронних пристроїв, яка використовується для створення модулів управління ПК. Наприклад, можна підключити сенсори до Arduino та використовувати їх для керування ПК за допомогою жестів.

Unity є платформою для розробки ігор та віртуальної реальності, але використовується і для створення модулів управління ПК. Наприклад, можна створити віртуальний джойстик або датчик рухів, який можна використовувати для керування ПК.

Python є дуже потужною та популярною мовою програмування, яка широко використовується для розробки модулів управління ПК. Нижче я детально розповім про інструменти та методи реалізації модуля керування ПК у Python. OpenCV — це програмне забезпечення з відкритим кодом для розпізнавання образів і комп'ютерного зору. Він дозволяє розпізнавати обличчя, жести та інші рухи користувача і може використовуватися для керування ПК. OpenCV дозволяє обробляти відео та зображення в реальному часі та має багато інструментів обробки зображень. Вона має свої переваги і недоліки:

Переваги:

- OpenCV надає широкий набір функцій та алгоритмів для обробки зображень, включаючи розпізнавання облич, виявлення об'єктів, відстеження руху та інші. Вона дозволяє виконувати різні завдання обробки зображень в простий і ефективний спосіб.[17]
- Підтримує різні платформи, включаючи Windows, macOS, Linux та інші. Це дозволяє розробникам використовувати бібліотеку на різних операційних системах без необхідності значних змін у коді.
- Має велику спільноту розробників, яка активно підтримує бібліотеку, надає документацію, приклади та розв'язання проблем. Це дозволяє

					КР.КІ.9500060.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

отримувати допомогу та спілкуватися з іншими розробниками для покращення роботи з OpenCV.

Недоліки:

– OpenCV є потужною бібліотекою, але вивчення та освоєння її можуть бути складними для початківців. Вона вимагає знання комп'ютерного зору та обробки зображень, а також розуміння алгоритмів та методів, що використовуються.

– Хоча OpenCV надає широкий набір функцій та алгоритмів, деякі операції можуть бути повільними, особливо при обробці великих зображень або в реальному часі. Це може вплинути на швидкість виконання додатків, особливо вимогливих до продуктивності.

– Іноді OpenCV може не мати певних функцій, які можуть бути потрібні в конкретному проекті. В такому випадку розробникам доведеться шукати альтернативні рішення або використовувати інші бібліотеки.

Все враховуючи, OpenCV є потужним і популярним інструментом для обробки зображень, але вибір використання повинен базуватися на конкретних потребах та обмеженнях проекту.[18]

PyAutoGUI — це бібліотека Python, яка дозволяє вам керувати ПК за допомогою програми Python. Це дозволяє користувачам автоматизувати повсякденні завдання, такі як натискання кнопок, переміщення миші та введення тексту. PyAutoGUI дозволяє керувати ПК із програми Python за допомогою клавіатури та миші, дозволяючи користувачам керувати ПК безпосередньо з програми Python.

SpeechRecognition — це бібліотека Python, яка дозволяє розпізнавати голосові команди та використовувати мовлення. Його можна використовувати для створення модулів керування ПК, які розпізнають голосові команди користувача та виконують відповідні дії.

					КР.КІ.9500060.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

TensorFlow — це програмне забезпечення з відкритим кодом для розробки та навчання моделей машинного навчання. Його можна використовувати для створення модулів керування ПК, які розпізнають жести та рухи користувача

WinAPI — це набір функцій і процедур, які дозволяють програмам керувати операційною системою Windows. Він містить різні функції для керування клавіатурою, мишею та іншими компонентами ПК. WinAPI можна використовувати для розробки модулів керування ПК на C++, які забезпечують взаємодію клавіатури та миші.[19]

DirectX — це набір API для розробки ігор і мультимедійних програм для Windows. Він містить різні функції для роботи з графікою, звуком і відео. DirectX можна використовувати для створення модулів керування ПК на C++, що дозволяє керувати графічними та звуковими взаємодіями.

#### Переваги:

– DirectX пропонує низку оптимізованих функцій та алгоритмів, що дозволяють розробникам досягти високої продуктивності графічних додатків. Це особливо важливо для вимогливих ігрових програм, які потребують швидкого рендерингу графіки.

– Надає розширені можливості для роботи з графікою, звуком, вводом та виводом. Він містить багато корисних функцій і класів для створення складних графічних ефектів, обробки звуку, роботи з пристроями вводу-виводу та багато іншого.

– Підтримує різні версії операційної системи Windows, що дозволяє розробникам створювати програми, які працюють на різних платформах. Це робить його універсальним інструментом для розробки графічних додатків.

#### Недоліки:

– DirectX є пропрієтарним API, що підтримується тільки на платформі Windows. Це означає, що програми, розроблені з використанням DirectX, не можуть працювати на інших операційних системах, таких як macOS або Linux.

					КР.КІ.9500060.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

– Має досить великий набір функцій та класів, тому вивчення і освоєння його може бути складним для початківців. Для успішного використання DirectX потрібно мати розуміння графічного програмування та основних принципів 3D-графіки.

– Різні версії DirectX можуть мати різні функції та можливості, що може вплинути на сумісність програм, розроблених з використанням певної версії DirectX. Розробники повинні враховувати це при плануванні та розробці своїх додатків.

Все враховуючи, DirectX є потужним інструментом для розробки графічних додатків на платформі Windows, але вибір його використання повинен базуватися на потребах проекту та цільовій платформі.

Qt — це платформа для розробки графічних програм. Він містить різні компоненти, такі як редактори віджетів, візуальні дизайнери, мови програмування та інші інструменти. Qt може бути використана для розробки модуля управління ПК на C++, що дозволяє створювати графічний інтерфейс користувача. Вона має свої переваги і недоліки:

Переваги:

– Одна з основних переваг Qt полягає в тому, що вона підтримує розробку на різних платформах, таких як Windows, macOS, Linux та інші. Це дозволяє розробникам створювати програмне забезпечення, яке працює на різних операційних системах без значних змін у коді.

– надає великий набір інструментів та компонентів, які допомагають розробникам швидко створювати графічні інтерфейси, обробляти події, керувати макетами та інші завдання, пов'язані з інтерфейсом користувача.

– побудована на мові програмування C++, яка вважається потужною та ефективною мовою. Це дозволяє розробникам використовувати всі можливості мови C++ для створення швидких та ефективних програм.

Недоліки:

					КР.КІ.9500060.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

– має досить великий розмір, що може призвести до збільшення розміру виконуваних файлів програми. Це може бути проблемою для додатків, які мають обмежені ресурси або потребують малого розміру виконуваного файлу.

– Qt пропонує як безкоштовну, так і комерційну ліцензію. Використання комерційної ліцензії може бути дорогим для окремих розробників або малих компаній.

– Навчання та освоєння Qt може вимагати певного часу та зусиль, особливо для початківців. Це може бути викликом для розробників, які швидко хочуть створювати програмне забезпечення без великої витрати часу на навчання.[20]

Все враховуючи, Qt є потужною бібліотекою розробки програмного забезпечення зі значними перевагами, але також має свої недоліки, які можуть вплинути на вибір розробників. При виборі варто враховувати потреби та обмеження вашого проекту.

Як висновок до першого розділу можна вказати такі головні пункти:

Модуль керування ПК за допомогою жестів є актуальною темою, оскільки вона дозволяє полегшити взаємодію з комп'ютером та забезпечити більш зручний та ефективний спосіб керування. Застосування віртуальної миші може бути корисним для людей з обмеженими фізичними можливостями, а також у ситуаціях, коли фізична миша не є доступною або зручною для використання.

На ринку існує кілька модулів, таких як TouchMousePointer, Synergy, PCEye та Myo Gesture Control та інші. Кожен з них має свої особливості та можливості, що дозволяють користувачам керувати рухами миші за допомогою різних управлінських пристроїв.

Модуль керування ПК за допомогою жестів також знаходить застосування в ігровій індустрії. Деякі ігри підтримують використання модуля, що дозволяє гравцям керувати грою за допомогою рухів, жестикуляцій або інших управлінських пристроїв.

					КР.КІ.9500060.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28



В цілому, модуль керування ПК за допомогою жестів є цікавою та актуальною, оскільки вона дозволяє полегшити взаємодію з комп'ютером та забезпечити більш зручний та ефективний спосіб керування. Застосування модуля має потенціал для різних галузей, включаючи медицину, ігрову індустрію та віртуальну реальність.

#### 1.4 Висновок до розділу

Проаналізувавши сфери де можна використовувати модуль керування ПК за допомогою жестів, а також майбутні інноваційні розробки які будуть залежати від цього модуля, визначено переваги і недоліки які існують.

Після чого проаналізували деякі існуючі програми і програмні засоби а саме їх плюси і мінуси, цей крок в майбутньому покращить список вимог для розробки модуля і для його використання. Для аналізу було обрано найпопулярніші програми незалежно від типу, адже було проаналізовано як програми які керують комп'ютером з допомогою жестів, а також ті які використовують зорове бачення.

А також було проаналізовано найкращі програмні засоби на основі яких можна розробляти модуль. Після детального аналізу кожного програмного засобу буде прийматись подальше рішення для розробки.

					КР.КІ.9500060.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

## 2. АЛГОРИТМИ БЕЗКОНТАКТНОГО КЕРУВАННЯ ЕЛЕМЕНТАМИ РОБОЧОГО СТОЛУ

### 2.1 Аналіз вимог до модуля керування персональним комп'ютером

В першому розділі ми підтвердили актуальність обраної теми для дипломної роботи та визначили вимоги до програмного модуля.

Розробка модуля керування ПК за допомогою жестів вимагає визначення конкретних вимог, які відповідають потребам користувачів та контексту використання. Нижче наведено більш детальний розклад вимог:

Модуль повинен мати здатність точно розпізнавати різні жести, включаючи рухи пальців, рук або всього тіла. Вимоги можуть включати розпізнавання простих жестів, таких як показ пальцем або рухи вгору/вниз/вліво/вправо, а також складніші жести, які можуть мати визначений семантичний зміст, наприклад жести для виконання певних команд або маніпуляції об'єктами на екрані.[21]

Вимога до модуля полягає у високій точності і надійності розпізнавання жестів. Це означає, що модуль повинен відповідати на жести користувача з високою точністю і з низьким рівнем помилок. Надійність вимагає, щоб модуль розпізнавав жести навіть при зміні освітлення, позиції рук або швидкості рухів користувача.

Модуль повинен бути достатньо швидким, щоб миттєво реагувати на жести користувача. Це особливо важливо для використання модуля в ігрових ситуаціях, де швидкість реакції є критичною. Модуль повинен мати низьку затримку між виконанням жесту користувачем і відповідним реагуванням на нього з боку ПК.

Модуль повинен мати відкрите програмне інтерфейс (API), яке дозволяє розробникам створювати власні програми та інтегрувати їх з модулем керування за допомогою жестів. Це дає можливість розширити функціональність модуля,

					КР.КІ.9500060.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

створювати власні жести та налаштовувати його під конкретні потреби користувача.[22]

Модуль повинен бути сумісним з різними платформами, такими як Windows, macOS або Linux. Це забезпечує універсальність та доступність модуля для широкого кола користувачів.

Деякі вимоги можуть включати розпізнавання виразів обличчя, голосове керування або інтеграцію з іншими технологіями, такими як віртуальна реальність або доповнена реальність. Ці додаткові можливості можуть поліпшити взаємодію користувача з ПК і розширити функціональність модуля.

Модуль повинен бути простим у використанні, щоб користувачі з різним рівнем технічних знань могли легко використовувати його без особливих перешкод. Інтерфейс користувача повинен бути інтуїтивно зрозумілим і зручним для використання.

Загалом, формування вимог до модуля керування ПК за допомогою жестів залежить від потреб користувачів та контексту використання. Важливо визначити основні функціональність, точність, швидкість, сумісність та зручність використання, а також врахувати можливість розширення і додаткових можливостей. Це лише загальні вимоги, і конкретні вимоги до віртуальної миші можуть бути розширені або змінені в залежності від контексту та використовуваних технологій.[23]

Наступним кроком для реалізації програмного проекту є формалізація самого процесу аналізування структури програмного модуля, метою якого є полегшити розуміння завдань, що задаються перед програмою, яку буде опрацьовано в рамках бакалаврської роботи.

Для цього ми будемо використовувати метод IDEF0. Особливість IDEF0 підкреслює ієрархічне представлення об'єктів через розділити процеси на підпроцеси, які полегшують розуміння предметних областей.

В IDEF0 аналізом є логічний зв'язок між завданнями, а не їхній спадковий зв'язок своєчасне виконання.

					КР.КІ.9500060.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

У контексті модуля керування ПК за допомогою жестів, IDEF0 може бути використано для створення діаграми, яка ілюструє функціональну структуру модуля та його компоненти. [24]

Розглянемо більш детально які входи, виходи, управління, механізми використовуватимуться в даній системі та її принцип роботи.

Вхід:

- Відео потік
- База даних
- Фото файл

Вихід:

- Оброблений відео потік

Управління:

- Документація Python
- Підвищення критерії щодо прийняття рішення до розпізнавання
- Pyttsx3
- Numpy
- datetime
- Cv2
- Psycorg2

Механізми:

- Програмний комплекс для покращення відеопотоку
- Вебкамера

Дані діаграми зображені на рисунку 2.1 та 2.2 .

					КР.КІ.9500060.00.00.000.ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

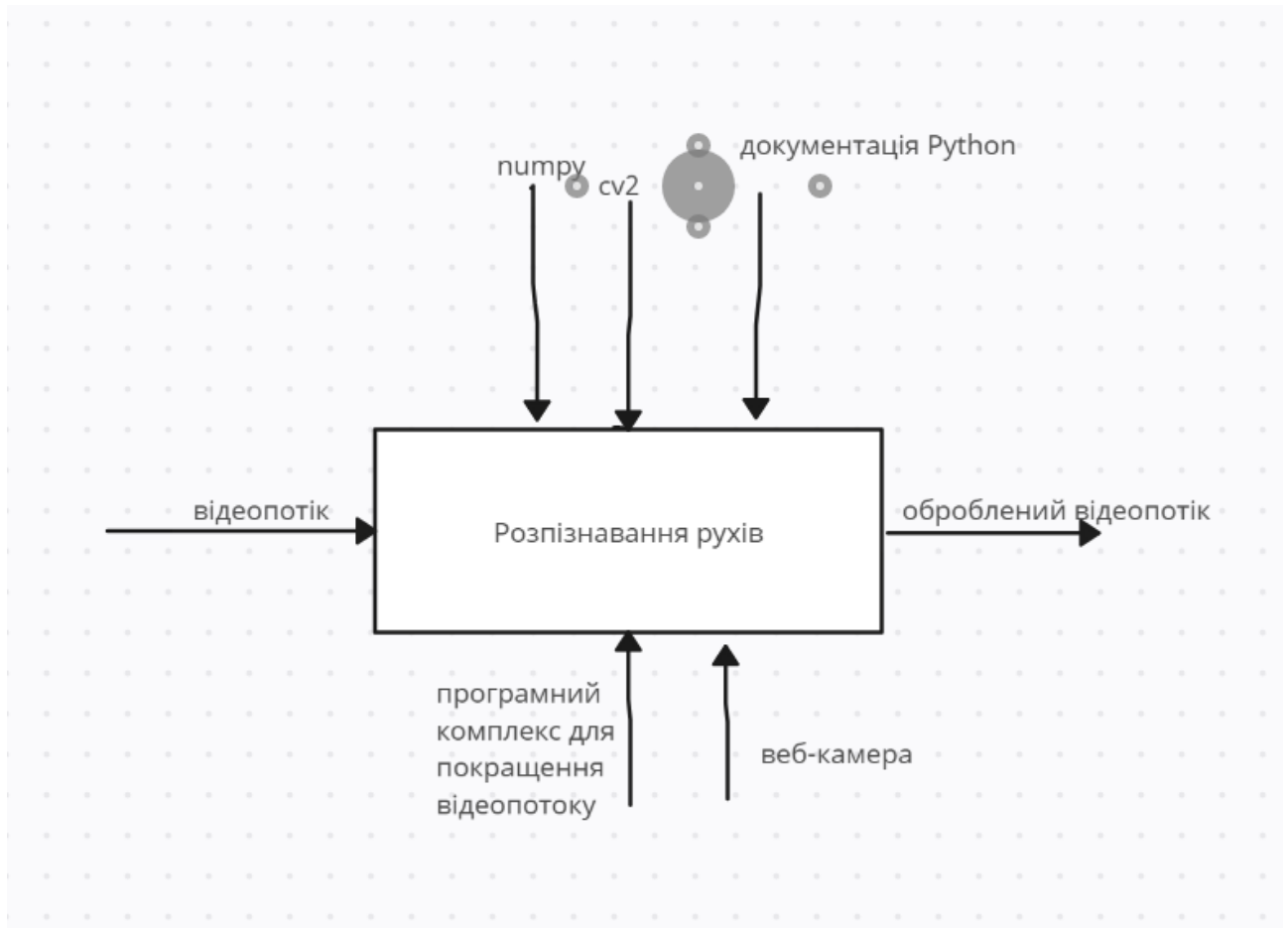


Рисунок 2.1–Діаграма IDEF0 роботи модуля

DFD (Data Flow Diagram) діаграма модуля керування ПК за допомогою жестів використовується для візуалізації потоку даних та процесів в системі. Вона дозволяє логічно представити взаємодію компонентів та функцій модуля.

Основні елементи DFD діаграми включають процеси, вхідні та вихідні дані, а також потоки даних. Нижче наведений опис DFD діаграми модуля керування ПК за допомогою жестів:[25]

У діаграмі будуть представлені основні процеси, які відбуваються в модулі керування ПК за допомогою жестів. Наприклад, це можуть бути процеси розпізнавання жестів, обробки даних жестів, взаємодії з інтерфейсом ПК і т.д.

В діаграмі будуть показані дані, які вводяться в систему (вхідні дані) та дані, які виходять з системи (вихідні дані). Вхідні дані можуть включати жести,

отримані зі спеціального пристрою, а вихідні дані можуть включати команди для керування ПК.

Діаграма також буде включати потоки даних, які передаються між процесами. Наприклад, потік даних може йти від процесу розпізнавання жестів до процесу обробки даних жестів.

DFD діаграма може мати різні рівні деталізації, від загального огляду до більш детального опису процесів та потоків даних. Вона допомагає розібратися в логіці роботи модуля та виявити можливі проблеми або недоліки в системі.

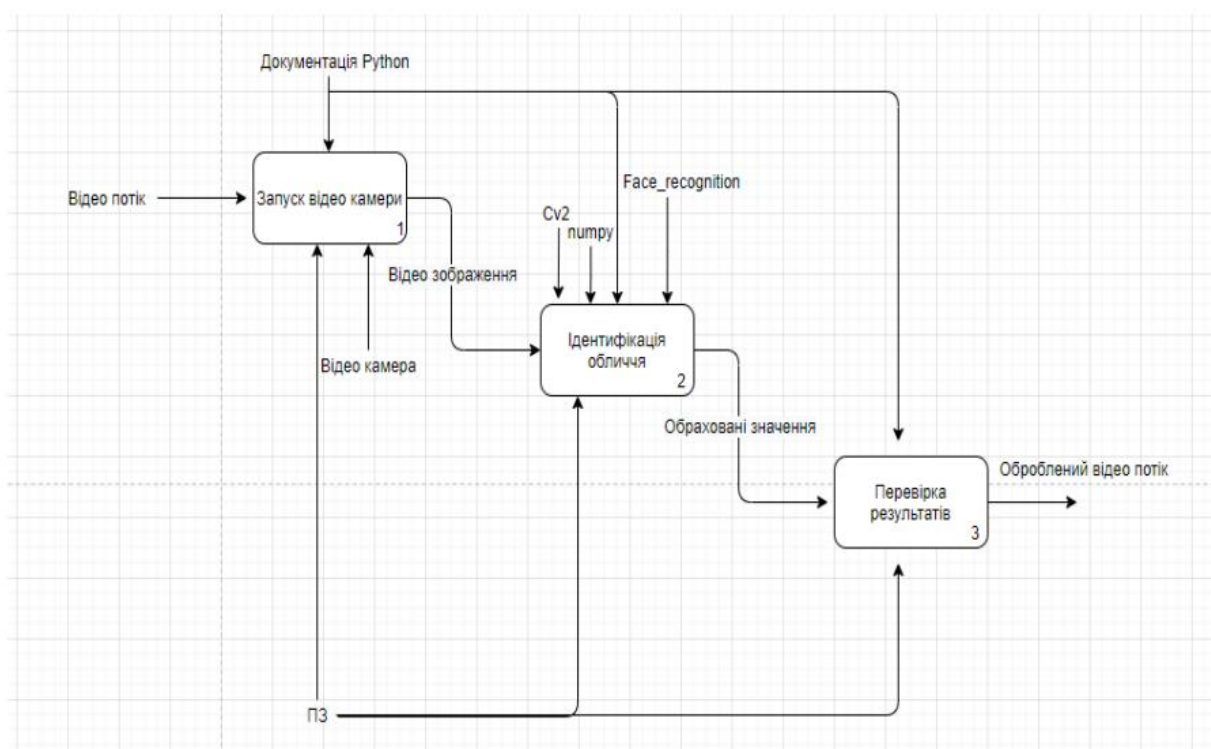


Рисунок 2.2- DFD-діаграма роботи модуля

## 2.2 Проектування модуля керування персональним комп'ютером

Проектування структури модуля керування ПК жестами включає розробку алгоритмів та інтерфейсу, які дозволяють користувачеві керувати курсором на екрані комп'ютера або іншого пристрою [26] без використання фізичної миші.

					КР.КІ.9500060.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Ось кілька факторів, які слід враховувати при проектуванні структури модуля керування ПК жестами:

Розробка різних режимів керування, таких як рух курсору за допомогою відслідковування руху пальця на сенсорному пристрої, розпізнавання жестів, використання джойстика або клавіатури. Це дозволяє користувачеві обрати найзручніший спосіб керування віртуальною мишею в залежності від контексту.

Налаштування чутливості руху курсору для забезпечення точності та швидкості керування. Користувач повинен мати можливість налаштовувати цю параметр для оптимального досвіду використання.[27]

Проектування структури модуля керування ПК за допомогою жестів передбачає розробку відповідної архітектури та організацію компонентів модуля. Нижче наведено основні кроки для проектування структури модуля:

Перш за все, необхідно визначити функціональні блоки, які будуть включені в модуль. Це можуть бути блоки для розпізнавання жестів, обробки даних жестів, взаємодії зі зображеннями або відео, взаємодії зі стандартними інтерфейсами ПК та інші.

Наступним кроком є організація компонентів модуля. Компоненти можуть бути реалізовані у вигляді окремих класів або модулів, що відповідають різним функціональним блокам. Наприклад, може бути окремий компонент для розпізнавання жестів, окремий компонент для обробки даних жестів і т.д.

Для забезпечення правильної роботи модуля необхідно встановити зв'язки між компонентами. Це може включати передачу даних між компонентами, виклик методів інших компонентів, підписку на події та інші способи взаємодії.

Для зручного використання модуля важливо визначити інтерфейси для взаємодії зовнішніх компонентів або користувачів. Це може включати публічні методи, події або параметри, які визначають можливості та способи взаємодії з модулем.[28]

Після розробки структури модуля важливо провести тестування та налагодження для перевірки його працездатності та відповідності вимогам. Це

					КР.КІ.9500060.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

допоможе виявити й виправити можливі помилки або недоліки в роботі модуля.

У процесі проектування структури модуля керування ПК за допомогою жестів також можуть враховуватись особливості конкретних технологій або бібліотек, що використовуються для розпізнавання жестів або обробки даних. Деталі структури можуть варіюватися в залежності від вимог та потреб конкретного проекту. Також при розробці модуля модуля варто врахувати наступні компоненти :

Курсор відображається на екрані і відображає поточне положення миші. Він може мати різні вигляди, такі як стрілка, вказівник або інші кастомні символи.

Для виявлення руху миші можуть використовуватися різні сенсори, такі як оптичні сенсори, лазерні сенсори або гіроскопи. Ці сенсори реагують на рухи користувача та передають цю інформацію до системи керування.

Віртуальна миша може мати різні кнопки, які відповідають функціям лівої, правої та середньої кнопок на традиційній миші. Ці кнопки можуть використовуватися для виконання різних дій, таких як вибір, клацання або перетягування об'єктів на екрані.[29]

Багато модулів керування мають також колесо прокрутки, яке дозволяє швидко прокручувати контент на екрані вгору або вниз.

В деяких віртуальних мишах можуть бути вбудовані підтримка жестів, таких як зумування або поворот, що дозволяють користувачам взаємодіяти з екраном за допомогою рухів пальців або рук.

Модуль безконтактного керування може мати різні налаштування, які дозволяють користувачам налаштовувати чутливість, швидкість руху, функції кнопок та інші параметри під свої потреби.

Драйвери відповідають за взаємодію між вхідними пристроями і операційною системою комп'ютера. Вони перетворюють сигнали з вхідних пристроїв на рух курсору на екрані.

					КР.КІ.9500060.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36



Координати руху, отримані від вхідних пристроїв, потрібно перетворити на координати екрану. Це забезпечує правильне відображення руху курсору на віртуальному екрані.

Загалом, структура модуля керування ПК жестами варіюється залежно від конкретної реалізації та цілей використання. Ці компоненти дозволяють користувачам ефективно керувати курсором на екрані та взаємодіяти з різними програмами та додатками.

### 2.3 Аналіз існуючих алгоритмів розробки безконтактного керування

Існує кілька алгоритмів та методів для реалізації модуля безконтактного керування. Ось деякі з них:

– алгоритм з використанням оптичних сенсорів для визначення руху миші. Сенсори реагують на зміни освітлення на поверхні, на яку розташована миша. Інформація про рух передається до системи керування, яка оновлює положення курсора на екрані.[30]

– алгоритм з використанням гіроскопів для вимірювання орієнтації та руху миші. Гіроскопи виявляють зміни в кутовій швидкості, що відображає рух миші. Інформація передається до системи керування для оновлення положення курсора на екрані.

– Трекпади використовуються для керування віртуальною мишею за допомогою пальця або стилуса. Вони виявляють позицію і рух на плоскій поверхні та передають цю інформацію до системи керування.

– Алгоритм з використанням камери в цьому алгоритмі камера спостерігає за рухом об'єкту, який використовується для керування мишею. Алгоритм використовує обробку зображень, щоб визначити рух об'єкту та оновити положення курсора на екрані.

					КР.КІ.9500060.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

– Алгоритм з використанням жестів цей алгоритм базується на використанні розпізнавання жестів для керування віртуальною мишею. Користувач може виконувати різні жести, такі як торкання, рухи пальцями або руками, щоб взаємодіяти з курсором та виконувати дії на екрані.

Ці алгоритми можуть комбінуватися або модифікуватися для досягнення бажаної функціональності віртуальної миші в різних системах та пристроях.

Найпопулярніший алгоритм для реалізації віртуальної миші залежить від конкретного контексту та вимог проекту.[31] Однак, одним з найпопулярніших алгоритмів є алгоритм з використанням оптичних сенсорів. Цей алгоритм використовує оптичні сенсори для вимірювання руху миші та передачі цих даних до системи керування.

Оптичні сенсори реагують на зміни освітлення на поверхні, на яку розташована миша, і визначають рух за допомогою спостереження за цими змінами. Інформація про рух передається до системи керування, яка оновлює положення курсора на екрані.

Цей алгоритм використовується у багатьох типах мишей, включаючи традиційні провідні та бездротові миші, а також у вбудованих сенсорах, що використовуються в смартфонах, планшетах та інших пристроях з сенсорними екранами. Проте, слід зазначити, що популярність алгоритмів може змінюватися з часом, оскільки нові технології та методи можуть з'являтися і ставати популярними у різних областях модуля керування засобами ПК.[32]

При розробці алгоритмів для модуля керування ПК слід враховувати наступні вимоги:

- Алгоритм повинен забезпечувати високу точність розташування курсора на екрані. Це важливо для точного вибору об'єктів та взаємодії з ними.
- Відгук модуля повинен бути швидким і плавним, щоб користувач міг легко керувати курсором без затримок чи розривів.

					КР.КІ.9500060.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

– Алгоритм повинен бути легким у використанні і інтуїтивним для користувачів. Керування віртуальною мишею повинно бути природним і схожим на традиційну фізичну мишу.

– Модуль повинен відтворювати реалістичні рухи та взаємодію на екрані, щоб забезпечити натуральний досвід користувача.

– Алгоритм повинен бути масштабованим для різних типів пристроїв, включаючи комп'ютери, планшети, смартфони та інші електронні пристрої.

– Повинен бути ефективним з точки зору обробки даних та використання ресурсів пристрою, забезпечуючи відмінну продуктивність навіть на пристроях з обмеженими характеристиками.

– Повинен бути надійним і стійким до помилок, щоб уникнути випадкових або непередбачуваних поведінок віртуальної миші.[33]

Загалом, вимоги до алгоритмів розробки віртуальної миші включають точність, відгук, інтуїтивне керування, реалістичність, масштабованість, ефективність та надійність. Реалізація цих вимог залежить від конкретного контексту та цілей застосування віртуальної миші.

Проаналізувавши вимоги і типи алгоритмів, ось кілька різних алгоритмів які можна використати для розробки модуля керування ПК за допомогою жестів:

#### Random Forest:

- Random Forest є ансамблевим алгоритмом, що базується на рішенні дерева.

- Він використовується для класифікації та регресії.

- Алгоритм будує кілька рішень дерев, використовуючи випадково вибрані підмножини даних та функцій.

- Кінцеве рішення отримується шляхом узагальнення результатів всіх дерев.

- Random Forest має високу точність, добру стійкість до перенавчання та можливість розпізнавання важких для інших алгоритмів залежностей.

					КР.КІ.9500060.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

- Однак, цей алгоритм може бути менш ефективним на великих наборах даних.[34]

#### Support Vector Machines (SVM):

- SVM є алгоритмом класифікації, який шукає оптимальну гіперплощину, що розділяє дані двох класів.

- Він використовує вектори даних, які називаються опорними векторами, для побудови роздільної гіперплощини.

- SVM може використовувати різні ядра (наприклад, лінійні, поліноміальні, радіальні базисні функції) для розпізнавання не лінійно роздільних даних.

- Цей алгоритм має високу точність, особливо коли дані мають чітку роздільну лінію.

- Однак, він може бути чутливим до налаштування параметрів і може працювати повільно на великих наборах даних.

#### K-Nearest Neighbors (KNN):

- KNN є алгоритмом класифікації, що використовується для визначення класу нових даних на основі найближчих сусідів у навчальному наборі даних.

- Алгоритм вибирає k найближчих сусідів нових даних та визначає їх більшість, щоб призначити клас новим даним.

- KNN не вимагає попереднього навчання моделі і може легко адаптуватись до нових даних.[35]

- Він також працює добре з великими наборами даних та здатен розпізнавати складні залежності між даними.

- Однак, KNN може бути чутливим до вибору значення k та має низьку швидкодію на великих наборах даних.

#### Convolutional Neural Networks (CNN):

- CNN є типом нейронних мереж, що використовуються для обробки зображень та розпізнавання об'єктів.

					КР.КІ.9500060.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

- Вони мають спеціальні шари зволоження, згортки та повністю з'єднаних шарів для виявлення різних функцій у зображеннях.

- CNN використовується для розпізнавання жестів на зображеннях руки, шляхом навчання на великому наборі зображень жестів.

- Цей алгоритм може розпізнавати складні жести та мати високу точність.

- Однак, навчання CNN може бути витратним за ресурсами та вимагати великої кількості навчальних даних.

#### Hidden Markov Models (HMM):

- HMM є статистичною моделлю, що використовується для моделювання послідовностей дискретних подій.[36]

- Вони можуть бути використані для аналізу послідовностей жестів та визначення поточного жесту на основі попередніх жестів.

- HMM використовуємо для розпізнавання жестів, моделюючи стан жесту та перехід між станами.

- Цей алгоритм може бути ефективним для моделювання послідовностей жестів та розпізнавання складних жестів.

- Однак, навчання HMM може бути складним та вимагати досить великої кількості навчальних даних.

Також кожен з даних алгоритмів має як позитивні сторони так і негативні.

#### Decision Trees:

- Переваги:

- Простий у використанні та інтерпретації.

- Можливість роботи з різними типами даних (категоріальними та числовими).

- Здатність розпізнавати складні залежності між даними.

- Недоліки:

- Неefективний при роботі з великими наборами даних.

- Схильний до перенавчання (overfitting) на навчальних даних.

					КР.КІ.9500060.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

- Чутливий до шуму та випадковості в даних.

#### Random Forest:

##### - Переваги:

- Висока точність та стабільність у розпізнаванні.
- Здатність роботи з великими наборами даних та високою кількістю ознак.
- Можливість оцінки важливості ознак для подальшого аналізу.

##### - Недоліки:

- Потребує значно більше ресурсів у порівнянні з одиночним деревом рішень.
- Може бути чутливим до випадковості в навчальних даних.
- Може бути важко інтерпретувати результати.

#### K-Nearest Neighbors (KNN):

##### Переваги:

- Простий у реалізації та використанні.
- Не вимагає попереднього навчання моделі.
- Здатність розпізнавати складні залежності між даними.

##### Недоліки:

- Чутливий до вибору значення  $k$  та має низьку швидкодію на великих наборах даних.
- Вимагає збереження всіх навчальних даних, що може займати багато пам'яті.
- Чутливий до шуму та випадковості в даних.

Один з найкращих алгоритмів для модуля керування ПК за допомогою жестів - Convolutional Neural Networks (згорткові нейронні мережі).

##### Переваги:

Згорткові нейронні мережі (ЗНМ) здатні автоматично вивчати складні патерни та структури в даних. Це дозволяє їм розпізнавати різні жести з високою точністю навіть при наявності шуму чи змін в поставленні жестів.[37]

					КР.КІ.9500060.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

ЗНМ показують високу точність у розпізнаванні образів, включаючи жести. Завдяки своїм глибоким архітектурам та великій кількості навчальних параметрів, ЗНМ можуть вивчити складні залежності між вхідними даними та жестами.

ЗНМ можуть автоматично вивчати різні рівні абстракцій в даних. Це дозволяє їм розпізнавати жести не тільки на основі конкретних пікселів образу, але й на основі більш абстрактних ознак, таких як форма, контур або рух.

ЗНМ є масштабованими і можуть бути застосовані до різних типів жестів та даних. Вони можуть бути навчені розпізнавати широкий спектр жестів і здатні адаптуватися до нових жестів, що робить їх гнучкими для різних сценаріїв використання.

Недоліки:

Тренування та використання ЗНМ вимагає значно більше обчислювальних ресурсів порівняно з іншими алгоритмами. Це може бути проблемою, особливо якщо система має обмежені ресурси або працює в реальному часі.

Для досягнення найкращих результатів, ЗНМ вимагає велику кількість тренувальних даних. Це може бути викликом, особливо якщо доступ до достатньої кількості реальних жестів обмежений.

ЗНМ є чорною скринькою і не завжди можуть пояснити, як саме вони приймають рішення. Це може бути проблемою, особливо якщо потрібно зрозуміти, які особливості образу впливають на результат розпізнавання жесту.

Загалом, ЗНМ є потужним і ефективним алгоритмом для модуля керування ПК за допомогою жестів, проте варто враховувати його вимоги до ресурсів та тренувальних даних.[38]

Це лише кілька з алгоритмів, які можна використовувати для модуля керування ПК за допомогою жестів. Кожен з цих алгоритмів має свої переваги та недоліки, і вибір конкретного алгоритму залежить від потреб та вимог проекту.

					КР.КІ.9500060.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

У даному розділі наведено опис сучасних алгоритмів безконтактного керування, які активно використовуються в сучасних модулях керування ПК.

Зокрема було проаналізовано вимоги які буду використані в подальшій розробці модуля. Адже вимоги для розробки кожної програми є унікальними і для майбутня розробка також має використовувати спеціальні вимоги в подальшій розробці алгоритму і інтерфейсу користувача. Також було використано графічні методи відображення роботи модуля керування ПК жестами, щоб відобразити основні моменти а саме використано такі діаграми як *idef0* та *dfd*. [39]

Також було проаналізовано структуру модуля і було описано які функції має бути задіяні в роботі розробленого алгоритму. Було розглянуто існуючі алгоритми і описані їх переваги і недоліки щоб в подальшому використати це в розроблені алгоритму.

					КР.КІ.9500060.00.00.000.ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



### 3. ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ МОДУЛЯ КЕРУВАННЯ ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМП'ЮТЕРА

#### 3.1 Вибір програмних засобів для реалізації модуля керування комп'ютером

При виборі засобів для реалізації модуля керування ПК за допомогою жестів варто враховувати такі фактори:

– Вибір засобів повинен враховувати платформу, на якій буде використовуватися модуль віртуальної миші, наприклад, комп'ютер, планшет, смартфон або інші пристрої.

– Засоби повинні мати потрібний інтерфейс для взаємодії з віртуальною мишею, який може бути оптичним, гіроскопічним, трекпадом, камерою або іншими методами визначення руху.

– Засоби повинні мати потрібну функціональність для досягнення бажаної поведінки віртуальної миші, таку як точність, швидкість реагування, підтримка жестів та інші функції.[40]

– Вибрані засоби повинні бути доступними та сумісними з розроблюваною платформою та використовуваним програмним забезпеченням.

– Важливо враховувати якість документації та рівень підтримки для вибраних засобів, щоб мати можливість вирішувати проблеми та отримувати необхідну допомогу під час розробки та після неї.

Приклади популярних засобів для реалізації віртуальної миші включають бібліотеки та фреймворки для роботи з оптичними сенсорами, гіроскопами, трекпадами, камерами та жестами, такі як OpenCV, Leap Motion, PyMouse, Qt та багато інших. Вибір конкретного засобу залежить від ваших потреб, платформи та умов реалізації проекту.

					КР.КІ.9500060.00.00.000.ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Якщо враховувати всі фактори які ми перерахували вище то вибір засобу реалізації падає на PyCharm.

PyCharm - це інтегроване середовище розробки (IDE) для мови програмування Python, розроблене компанією JetBrains. Воно надає розширені можливості для комфортної і продуктивної розробки програм на Python.

Основні особливості PyCharm :

- має потужний редактор коду з функціями автодоповнення, підсвічування синтаксису, перевіркою помилок та іншими інструментами, що полегшують роботу з кодом.

- IDE надає можливість відлагодження програм за допомогою вбудованих інструментів. Ви можете крок за кроком виконувати код, досліджувати значення змінних, встановлювати точки зупинки та багато іншого.

- дозволяє створювати та керувати проектами Python. Ви можете налаштувати віртуальне середовище, управляти залежностями, використовувати систему контролю версій та інше.

- IDE надає різноманітні інструменти для полегшення процесу рефакторингу коду. Ви можете перейменовувати змінні, виділяти функції, витягувати повторюваний код та багато іншого, забезпечуючи при цьому безпеку роботи з кодом.

- інтегрується з популярними інструментами тестування, такими як pytest та unittest. Ви можете легко створювати, виконувати та аналізувати тести безпосередньо з IDE.

- підтримує інтеграцію з іншими інструментами розробки, такими як Jupyter Notebook, Docker, Git, SQL-запити та інші. Це дозволяє вам зручно працювати зі своїми улюбленими інструментами без виходу з IDE.

- Окрім Python, PyCharm також підтримує інші мови програмування, такі як JavaScript, HTML, CSS, SQL і багато інших, що дає вам можливість розробляти багатомовні проекти в одному середовищі.

					КР.КІ.9500060.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

PyCharm має комерційну версію (Professional Edition) з більш широким набором функцій, а також безкоштовну версію (Community Edition) з обмеженим функціоналом, але достатнім для багатьох проектів. Обидві версії доступні для різних платформ, таких як Windows, macOS та Linux.

Також одним із основних факторів роботи з середовищем PyCharm є його вартість адже цей аспект є важливим для розробки програми. Також варто врахувати і сам вигляд інтерфейсу середовища адже в даному середовищі ми маємо можливість обирати колір і мову середовища. Також в PyCharm є спеціальна сторінка для підключення плагінів і бібліотек, в даному проекті ця сторінка була необхідна при підключенні бібліотек. Дана сторінка відображена на Рисунку 3.1

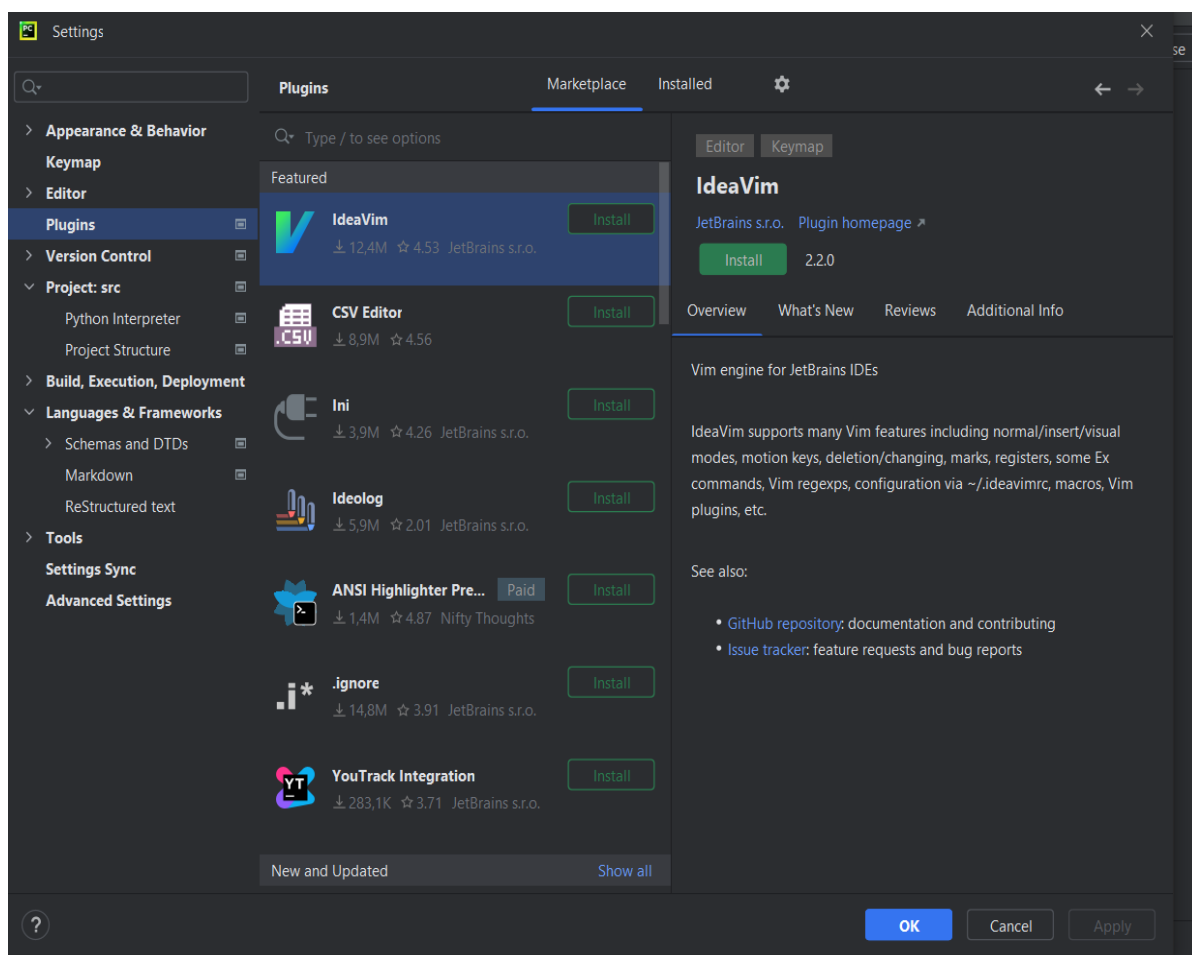


Рисунок 3.1–сторінка Plugins PyCharm

					КР.КІ.9500060.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Наступною дією обираємо мову програмування. Для розробки модуля керування ПК за допомогою жестів було прийнято рішення розробляти систему на мові програмування Python.[41]

Python - це інтерпретована мова програмування загального призначення з простим синтаксисом, яка була розроблена у 1990-х роках. Вона має багатий екосистему бібліотек і інструментів, що робить її популярним вибором для різних видів розробки, включаючи веб-розробку, наукові обчислення, штучний інтелект, аналіз даних та багато іншого.

Основні особливості даної мови програмування це:

Python має простий і зрозумілий синтаксис, що робить його легким для вивчення та розуміння. Це дозволяє програмістам швидко писати чистий і читабельний код. Також Python має ефективний виконавчий двигун, який дозволяє йому працювати швидко і ефективно навіть при обробці великих обсягів даних, має велику кількість стандартних бібліотек, які покривають багато різних областей, таких як мережеве програмування, робототехніка, робота з базами даних та інше. Крім того, існує велика кількість сторонніх бібліотек, які розширюють можливості мови Python.[42]

Python є переносимою мовою програмування, що означає, що програми, написані на Python, можуть працювати на різних платформах, таких як Windows, macOS і Linux, без необхідності внесення значних змін, має активне та дружнє співтовариство програмістів. Це означає, що ви можете знайти безліч ресурсів, документацію, пакети і підтримку від інших програмістів, які використовують Python.

Python є потужною мовою програмування, яка відмінно підходить для початківців і досвідчених розробників. Вона має широкий спектр застосувань і може бути використана для вирішення різних завдань. Також для розробки даного модуля можна було використовувати такі мови програмування як: JavaScript, C++, C# і тд.

					КР.КІ.9500060.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Можна коротко описати дані мови програмування для більшого розуміння чому саме було обрано Python. Найкращі мови програмування для розробки модуля залежать від конкретних потреб і вимог проекту. Однак, ось декілька мов програмування, які можуть бути ефективними для розробки модуля керування ПК за допомогою жестів:

C++ є мовою програмування низького рівня, яка надає більше контролю над обчисленнями та оптимізацією продуктивності. Вона особливо корисна, якщо вам потрібна швидкодія або доступ до функцій, що надаються в системних бібліотеках.

Java - це популярна мова програмування, яка працює на великій кількості пристроїв і платформ. Вона має потужну систему управління пам'яттю і різні фреймворки для обробки зображень та машинного навчання.

JavaScript - це мова програмування, яка широко використовується для розробки веб-додатків. Вона може бути корисною для розробки модуля, який взаємодіє з веб-браузером і використовує веб-технології для розпізнавання жестів.[43]

MATLAB - це мова програмування та середовище розробки, яке широко використовується в обробці сигналів та обробці зображень. Вона має багато інструментів і функцій для роботи з комп'ютерним зором та розпізнавання жестів. Вибір мови програмування залежить від ваших вимог до продуктивності, доступності бібліотек та інструментів, а також вашого рівня знань і досвіду в певній мові.

### 3.2 Реалізація модуля керування ПК жестами

Обравши мову програмування переходим до наступного кроку, це вибір бібліотеки і реалізація функцій.

					КР.КІ.9500060.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Перше що виконує код це імпорт всіх бібліотек для роботи з модулем. Приклад імпорту зображено на Рисунку 3.2

```
import cv2
import mediapipe as mp
import pyautogui
import math
from enum import IntEnum
from ctypes import cast, POINTER
from comtypes import CLSCTX_ALL
from pycaw.pycaw import AudioUtilities, IAudioEndpointVolume
from google.protobuf.json_format import MessageToDict
import screen_brightness_control as sbcontrol

pyautogui.FAILSAFE = False
mp_drawing = mp.solutions.drawing_utils
mp_hands = mp.solutions.hands
```

Рисунок 3.2–Приклад імпорту бібліотек

Після даного кроку з імпортом бібліотек для програми ми описуємо функцію Gesture Encodings (кодування жестів), це процес перетворення жестів, зроблених людиною, на числові представлення, які можуть бути розпізнані і оброблені комп'ютером. Це дозволяє використовувати жести як спосіб взаємодії з комп'ютерною системою або пристроєм.[44]

У процесі кодування жестів, різні аспекти жесту, такі як форма, рух, напрямок і тривалість, перетворюються на числові значення або послідовності. Ці значення можуть бути представлені у вигляді векторів, часових рядів або інших форматів, які можуть бути оброблені алгоритмами машинного навчання або комп'ютерними моделями для розпізнавання жестів.

Кодування жестів можуть використовуватися в різних сферах, таких як комп'ютерна взаємодія, розпізнавання мови жестів, віртуальна реальність, робототехніка та інші. Вони дозволяють користувачам виконувати дії або передавати команди за допомогою рухів рук або тіла, що розширює можливості

					КР.КІ.9500060.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

взаємодії з технологіями та пристроями. Приклад даної функції зображено на Рисунок 3.3

```
24 usages
class Gest(IntEnum):
    # Binary Encoded
    FIST = 0
    PINKY = 1
    RING = 2
    MID = 4
    LAST3 = 7
    INDEX = 8
    FIRST2 = 12
    LAST4 = 15
    THUMB = 16
    PALM = 31

    # Extra Mappings
    V_GEST = 33
    TWO_FINGER_CLOSED = 34
    PINCH_MAJOR = 35
    PINCH_MINOR = 36
```

Рисунок 3.3– функція Gesture Encodings

Наступною і основною функцією даної програми є функція HandRecog, вона відповідає за розпізнавання рухів, в нашому випадку це такі рухи як позиціонування пальців рук, рух пальців, фіксація двох і більше пальців.

Основне про функцію HandRecog можна описати так:

HandRecog відноситься до розпізнавання рук або жестів рук за допомогою комп'ютерної системи або програмного забезпечення.[45] Це технологія, яка дозволяє комп'ютеру розпізнавати позицію, рухи та жести рук користувача. Для реалізації HandRecog можуть використовуватися різні технології, включаючи комп'ютерне зорове сприйняття, глибинний аналіз, машинне навчання та інші. Ці технології дозволяють системі аналізувати вхідні дані (наприклад, відео з камери) та розпізнавати рухи та жести рук користувача. Приклад коду даної функції зображений на Рисунок 3.3

					КР.КІ.9500060.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

```
class HandRecog:

    def __init__(self, hand_label):
        self.finger = 0
        self.ori_gesture = Gest.PALM
        self.prev_gesture = Gest.PALM
        self.frame_count = 0
        self.hand_result = None
        self.hand_label = hand_label

2 usages
def update_hand_result(self, hand_result):
    self.hand_result = hand_result
```

Рисунок 3.4–Частина функції HandRecog

Також однією із важливих функцій є функція кліку, відносно даної функції будуть також працювати деякі інші функції такі як : лівий і правий клік, зменшення і збільшення звуку і яскравості[46] а також і функція drag and drop. Приклад даних функцій зображені на Рисунках 3.4-3.6

```
class Controller:
    tx_old = 0
    ty_old = 0
    trial = True
    flag = False
    grabflag = False
    pinchmajorflag = False
    pinchminorflag = False
    pinchstartxcoord = True
    pinchstartycoord = True
    pinchdirectionflag = True
    prevpinchlv = 0
    pinchlv = 0
    framecount = 0
    prev_hand = None
    pinch_threshold = 0.3
```

Рисунок 3.5– функція початкового значення положення руки



Кожне розміщення курсору також виконується за допомогою спеціальних функцій які зображенні на рисунку 3.5. Сама функція приймає в себе значення координати які потім передаються для курсора і переміщують його. [47] Початкове значення береться за координати де перебував курсор перед початком роботи програмного модуля.

```
def get_gesture(self):
    if self.hand_result == None:
        return Gest.PALM

    current_gesture = Gest.PALM
    if self.finger in [Gest.LAST3, Gest.LAST4] and self.get_dist([8,4]) < 0.05:
        if self.hand_label == HLabel.MINOR :
            current_gesture = Gest.PINCH_MINOR
        else:
            current_gesture = Gest.PINCH_MAJOR

    elif Gest.FIRST2 == self.finger :
        point = [[8,12],[5,9]]
        dist1 = self.get_dist(point[0])
        dist2 = self.get_dist(point[1])
        ratio = dist1/dist2
```

Рисунок 3.6—функція розміщення курсору

Функції правого і лівого кліку працюють за теорією опрацювання рухів позицій двох пальців, коли точки з двох пальців мають однакові координати відбувається клік

```
def getpinchLv(hand_result):
    dist = round((hand_result.landmark[8].x - Controller.pinchstartxcoord)*10,1)
    return dist

1 usage
def changesystembrightness(self):
    currentBrightnessLv = sbcontrol.get_brightness()/100.0
    currentBrightnessLv += Controller.pinchlv/50.0
    if currentBrightnessLv > 1.0:
        currentBrightnessLv = 1.0
    elif currentBrightnessLv < 0.0:
        currentBrightnessLv = 0.0
    sbcontrol.fade_brightness(int(100*currentBrightnessLv), start = sbcontrol.get_brightness())
```

Рисунок 3.7— функція кліку

					КР.КІ.9500060.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Функція зміни яскравості і звуку відбувається за схожим принципом, але додається рухи вертикально і горизонтально відповідно.[48],[49] Одночасно на майбутнє розробляється зміна в даних функціях а саме полегшення рухів для збільшення звуку і яскравості. Готова функція збільшення звуку і яскравості відображена в Рисунку 3.6

```
def changesystembrightness(self):
    currentBrightnessLv = sbcontrol.get_brightness()/100.0
    currentBrightnessLv += Controller.pinchlv/50.0
    if currentBrightnessLv > 1.0:
        currentBrightnessLv = 1.0
    elif currentBrightnessLv < 0.0:
        currentBrightnessLv = 0.0
    sbcontrol.fade_brightness(int(100*currentBrightnessLv), start = sbcontrol.get_brightness())

1 usage
def changesystemvolume(self):
    devices = AudioUtilities.GetSpeakers()
    interface = devices.Activate(IAudioEndpointVolume._iid_, CLSCTX_ALL, None)
    volume = cast(interface, POINTER(IAudioEndpointVolume))
    currentVolumeLv = volume.GetMasterVolumeLevelScalar()
    currentVolumeLv += Controller.pinchlv/50.0
    if currentVolumeLv > 1.0:
        currentVolumeLv = 1.0
    elif currentVolumeLv < 0.0:
        currentVolumeLv = 0.0
    volume.SetMasterVolumeLevelScalar(currentVolumeLv, None)
```

Рисунок 3.8 функція для яскравості і звуку

Також була реалізована функція скролу сторінки але функція в основному є схожа з зміною яскравості і звуку, основою є правильна позиція пальців руки і горизонтальний рух. [50]

В основному реалізуючи всі ці функції було розроблено цілий модуль для майбутнього програмного забезпечення яке буде мати більш широкий спектр функціоналу і в майбутньому планується розробка інтерфейсу програми.

### 3.3 Тестування роботи системи

Тестування програмного продукту в будь-якому вигляді має починатися з його запуску. Щоб запустити застосунок треба зайти в командний рядок або за допомогою кнопки «старт» на вкладці меню в PyCharm.

Після цього кроку нам відображається інтерфейс програми яка зафіксує позицію руки, це відображено на Рисунку 3.9. Для того щоб курсор міг рухатись спершу необхідно зафіксувати положення пальців за допомогою 24 точок. Кожна точка має свої координати які в майбутньому будуть виконувати функцію пошуку і виконувати функцію кліку та інші

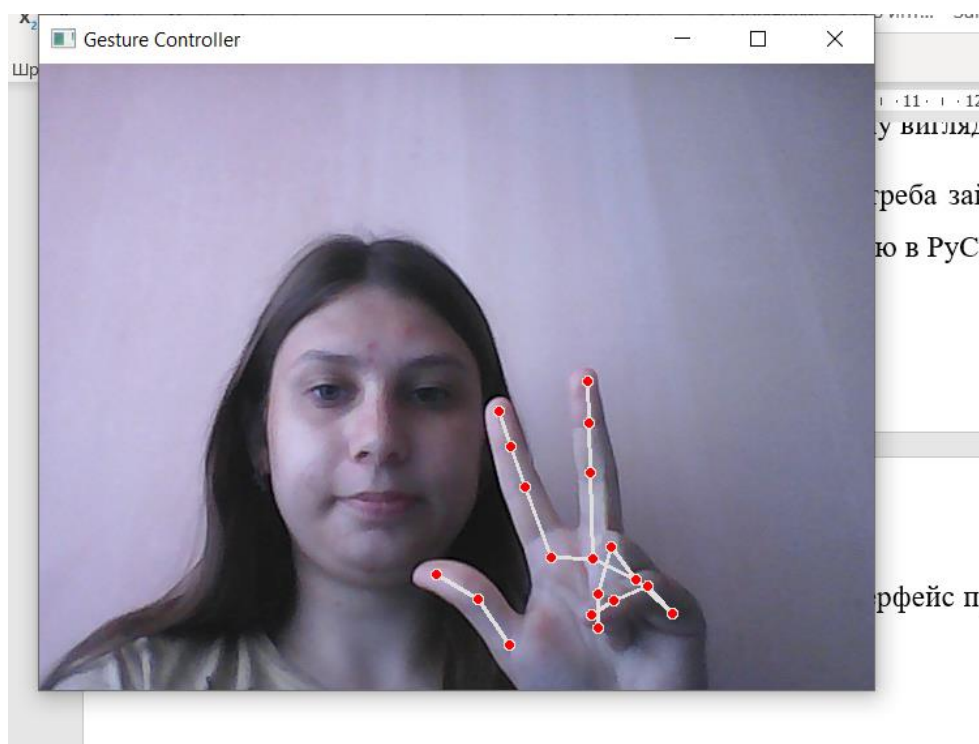


Рисунок 3.9– фіксація руки на камеру

Наступним кроком в тестуванні буде виконання кліку за допомогою спеціального жесту, а саме зближення вказівного і середнього пальців(рисунок 3.10).

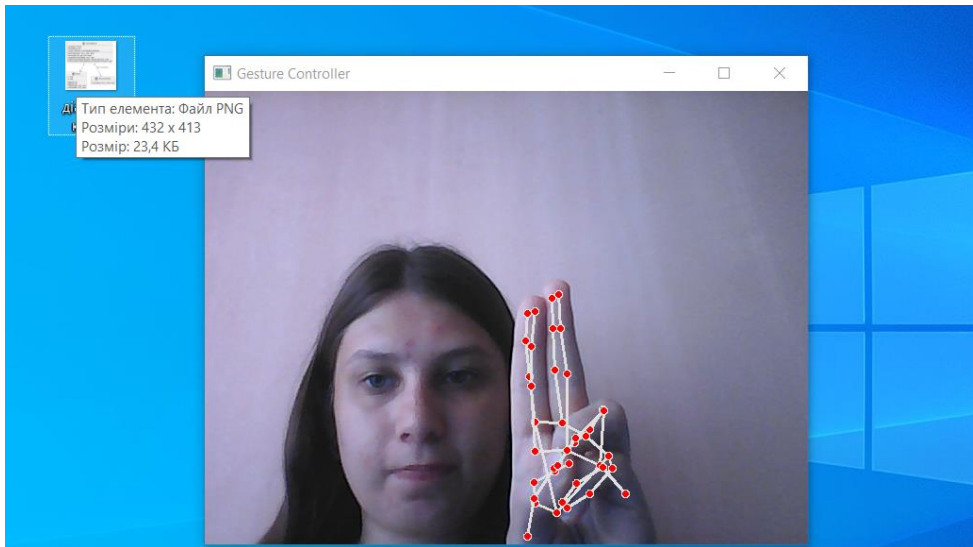


Рисунок 3.10– виконання кліку

Виконання кліку виконується за допомогою зближення точок на пальцях, і також маленької затримки в 2 секунди. Це виконано за для того щоб точно можна було сфокусуватись на вибраному файлі. Також в даному проекті було виконано функцію правого кліку (Рисунок 3.11). Вона виконується за рахунок згинання середнього пальця в середину долоні, суть виконання схожа між всім функція адже ми просто порівнюємо положення точок на кожному пальці і виконуємо спеціальну дію.

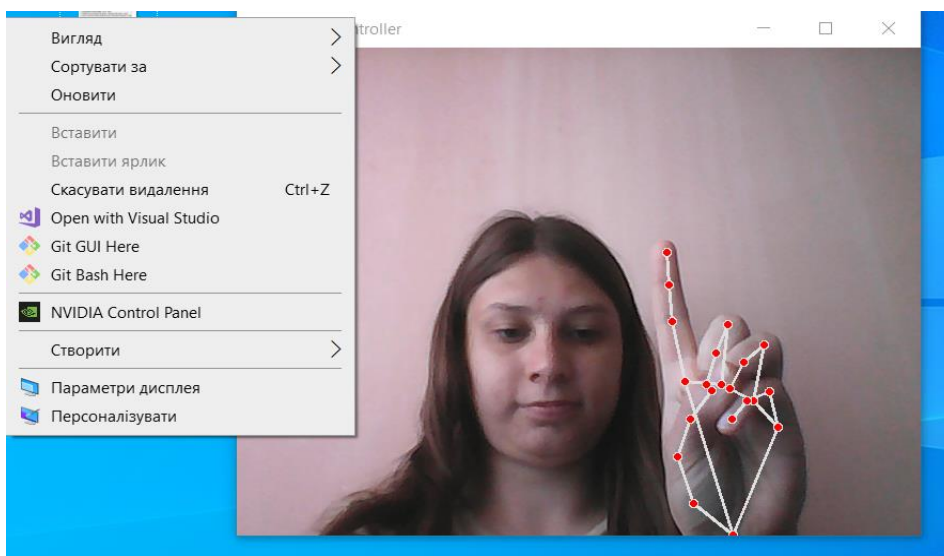


Рисунок 3.11– правий клік

На цьому тестування не завершується адже для повноцінної роботи модуля і для подальшого його використання необхідно виконати ще функцію “Drag and Drop” це функція що дозволяє перетягувати обрані файли з одного місця в інше.(Рисунок 3.12)

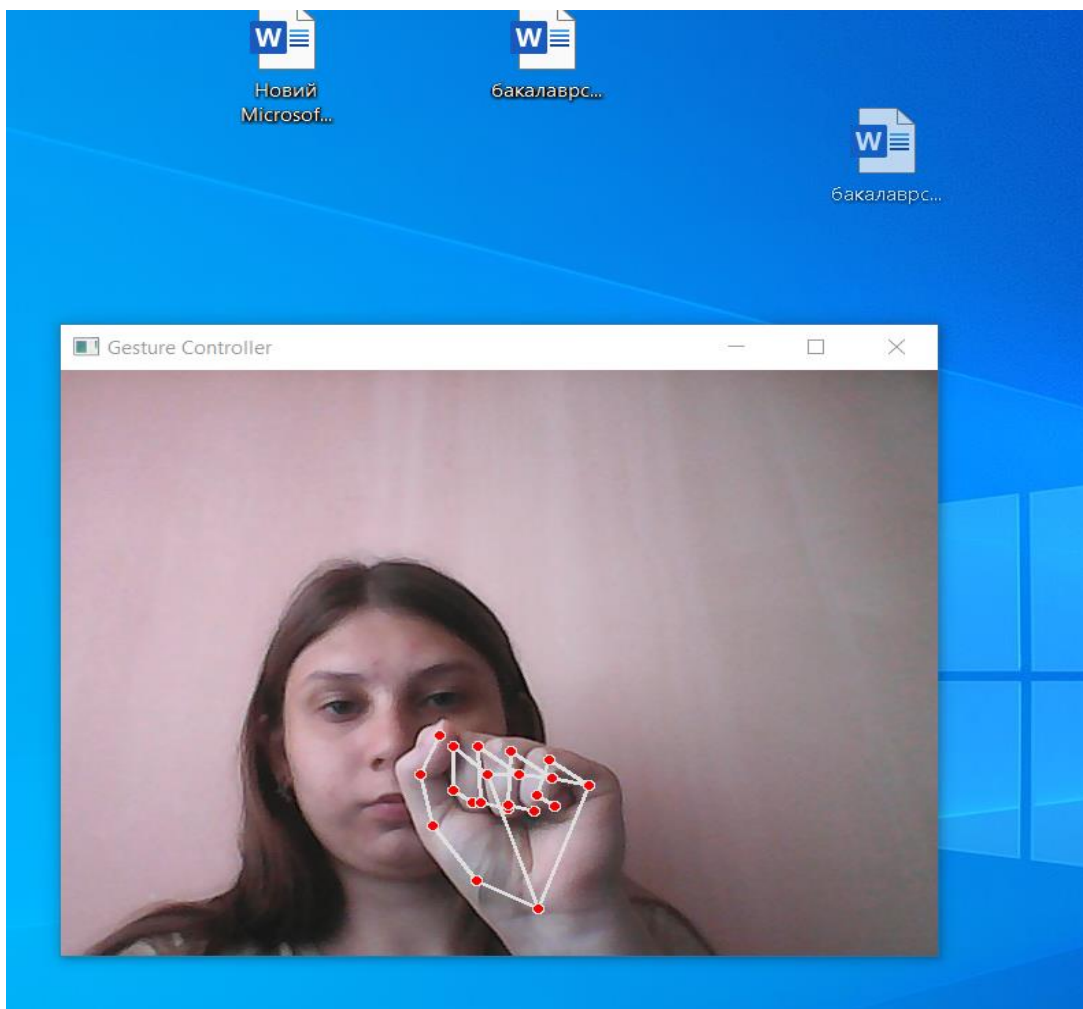
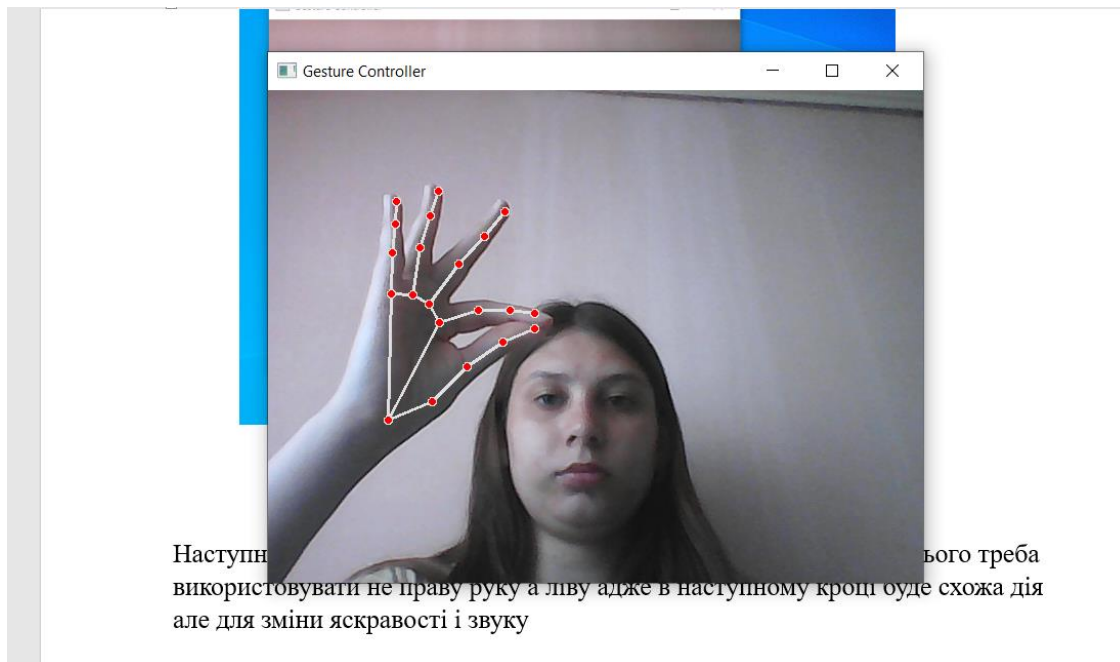


Рисунок 3.12– DragandDrop

Наступним важливим функціоналом є скролінг(Рисунок3.13). Для цього треба використовувати не праву руку а ліву адже в наступному кроці буде схожа дія але для зміни яскравості і звуку



Наступним кроком буде збільшення звуку, але для зміни яскравості і звуку

Рисунок 3.13– Скролінг по файлу

Нажаль зафіксувати скролінг не можливо тому на рисунку 3.13 зображено тільки спосіб за допомогою якого можна виконати цю дію.

Наступною частиною тестування є збільшення і зменшення звуку і яскравості для цього ми відобразимо цю дію тільки із звуком (Рисунок 3.14)

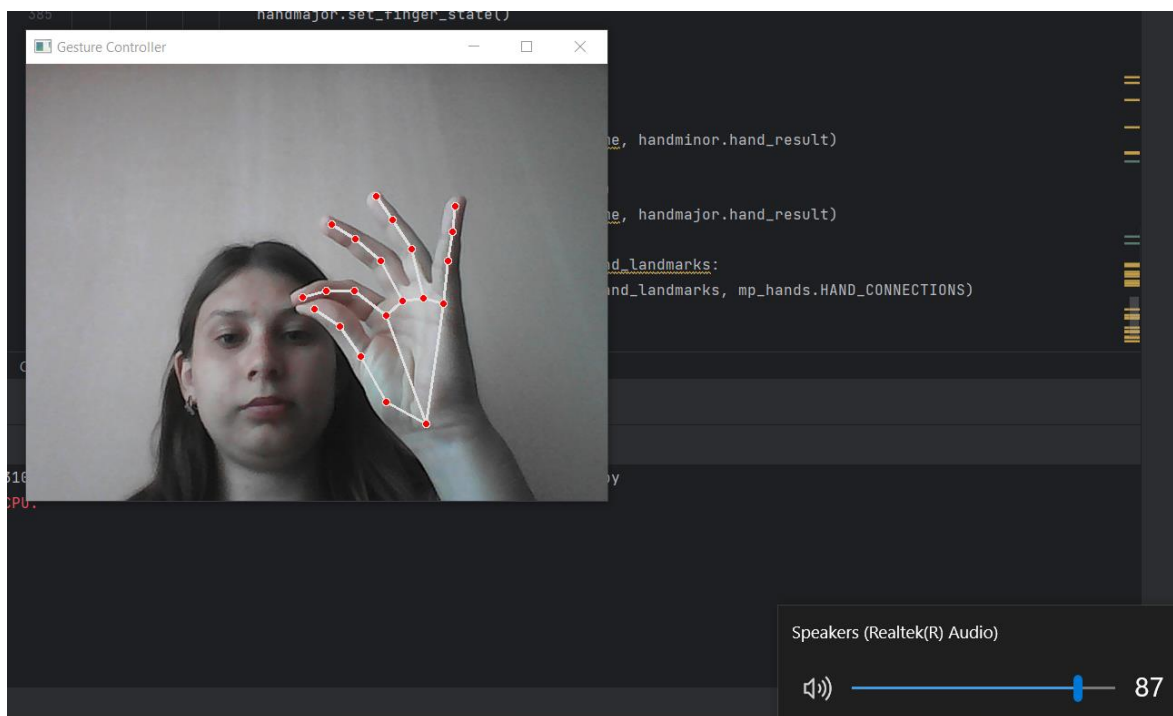


Рисунок 3.13– Збільшення звуку

На даному етапі можна завершувати тестування програмного модуля. Як висновок можна сказати що цей модуль в майбутньому можна буде удосконалити інтерфейсом і запускати його автоматично із запуском операційної системи.

Також даний модуль може працювати з різними операційними системами і не має обмежень. Ним не важко оволодіти головне запам'ятати рухи для функцій і виконувати їх, з можливих вимог може бути камера з високою роздільною здатністю і людина яка зможе пояснити людям як працює система, адже для першого запуску програми необхідно все пояснити і налаштувати.

У даному розділі було проаналізовано і обрано середовище розробки і мову програмування модуля. Було коротко описано кожен мову програмування яку можна використати для розробки модуля безконтактного керування.

Було проаналізовано використані алгоритми для роботи модуля і детально описано кожен з них. Було детально описано кожен функцію і яку частину роботи вона виконувала в модулі.

Також було проведено етап який відображає роботу модуля – а саме тестування кожної функції. Кожний етап тестування супроводжувався графічним підтвердженням роботи програми а саме рисунками.

					КР.КІ.9500060.00.00.000.ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

### 4.1 Розрахунок витрат на розробку програмного забезпечення

Витрати на розробку програмних засобів включають:

- витрати на оплату праці розробників ( $V_{оп}$ );
- витрати на відрахування у спеціальні державні фонди ( $V_{ф}$ );
- витрати на покупні вироби ( $P_{в}$ );
- витрати на придбання спецобладнання для проведення експериментальних робіт ( $O_{б}$ );
- накладні витрати ( $H$ );
- інші витрати ( $I_{в}$ ).

Витрати на оплату праці включають заробітну плату (ЗП) всіх категорій працівників, безпосередньо зайнятих на всіх етапах проектування.

У розробці програмного забезпечення задіяні наступні спеціалісти - розробники, а саме: керівник проекту; студент-дипломник; консультант техніко-економічного розділу.

Таблиця 4.1 - Вихідні дані для розрахунку витрат на оплату праці

№ п/п	Посада виконавців	Місячний оклад грн.	Коефіцієнт Додаткової з/п	Підсумок
1	Project Manager	15000	0	15000

Продовження таблиці 4.1

2	UI/UX дизайнер	20000	0	20000
---	----------------	-------	---	-------

					КР.КІ.9500060.00.00.000.ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



3	Full-Stack Developer	20000	0	20000
4	QA	15000	0	15000

Витрати на оплату праці розробників проекту визначаються за формулою:

$$B_{OII} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M n_{ij} \cdot t_{ij} \cdot C_{ij}, \quad (1.1)$$

де  $n_{ij}$  – чисельність розробників  $i$ -ої спеціальності  $j$ -го тарифного розряду, осіб;

$t_{ij}$  – затрачений час на розробку проекту співробітником  $i$ -ої спеціальності  $j$ -го тарифного розряду, год;

$C_{ij}$  – годинна ставка працівника  $i$ -ої спеціальності  $j$ -го тарифного розряду, грн.

Середньо годинна ставка працівника може бути розрахована за формулою:

$$C_{ij} = \frac{C_{ij}^0 (1+h)}{PЧ_i}, \quad (1.2)$$

де  $C_{ij}$  – основна місячна заробітна плата розробника  $i$ -ої спеціальності  $j$ -го тарифного розряду, грн.;

$h$  – коефіцієнт, що визначає розмір додаткової заробітної плати (при умові наявності доплат);

$PЧ_i$  - місячний фонд робочого часу працівника  $i$ -ої спеціальності  $j$ -го тарифного розряду, год. (приймаємо 168 год.).

$$\text{Воп} = 2053 + 12857 + 3452 + 267 = 18629 \text{ грн}$$

Крім того, слід визначити відрахування на соціальні заходи. Величну відрахувань у спеціальні державні фонди визначають у відсотковому співвідношенні від суми основної та додаткової заробітних плат. Згідно діючого нормативного законодавства сума відрахувань у спеціальні державні фонди складає 20,5% від суми заробітної плати:

$$\text{ВФ} = 20.5 * 18629 = 3818,945 \text{ (грн.)}$$

Розрахунок матеріальних витрат

					КР.КІ.9500060.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Матеріальні витрати — це вартість витрачених матеріалів, малоцінних та швидкозношуваних предметів на виробництво продукції, робіт або послуг, а також матеріалів, витрачених на адміністративні, збутові та інші потреби.

Загальна сума витрат на матеріальні ресурси ( $B_M$ ) визначається за формулою:

$$B_M = \sum_{i=1}^n K_i \cdot C_i, \quad (1.3)$$

де  $K_i$  - витрата  $i$ -го типу матеріалу, натуральні одиниці вимірювання;

$C_i$  - ціна за одиницю  $i$ -го типу матеріалу, грн.;

$i$  - тип матеріального ресурсу;

$n$  - кількість типів матеріальних ресурсів.

Звідси, витрати на матеріальні ресурси дорівнюватимуть:

$B_M = 506$  грн.

Проведені розрахунки занесемо у таблицю 4.2.

Таблиця 4.2 - Зведені розрахунки покупних виробів

п/п	Найменування купованих виробів	Одиниця виміру	Ціна, грн	Кількість купованих виробів	Сума, грн	Транспортні витрати (10% від суми)	Загальна сума, грн
1	Папір (формат А4)	уп	2200	1	200	20,0	220,0
2	Ручка кулькова	шт	220	1	20,0	2,0	22,0
5	Зшивання диплому	ч.р	1100	1	100,0	10,0	110,0
Разом							506

Обчислення накладних витрат

Накладні витрати проектних організацій включають три групи видатків: витрати на управління, загальногосподарські витрати, невиробничі витрати.

					КР.КІ.9500060.00.00.000.ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Середньостатистичний відсоток накладних витрат приймемо 150% від заробітної плати:

$$H_B = 1,5 \cdot B_{оп}, \quad (1.4)$$

де  $H_B$  – накладні витрати.

$$H_B = 1,5 \cdot 18629 = 27943,5 \text{ грн.}$$

Обчислення інших витрат

Інші витрати є витратами, які не враховані в попередніх статтях. Вони становлять 10% від заробітної плати:

$$I = 18629 \cdot 0.1 = 1862,9 \text{ грн}$$

Складання кошторису витрат та визначення собівартості

Витрати на розробку програмного забезпечення складають:

$$K_1 = B_{оп} + B_{ф} + B_{пв} + H + I \quad (1.5)$$

$$K_1 = 18629 + 3818,945 + 506 + 1862,9 + 27943,5 = 52758 \text{ (грн.)}$$

Витрати на відлагодження і дослідну експлуатацію програмного продукту визначаємо за формулою:

$$K_2 = S_{м.г.} \cdot t_{від},$$

де  $S_{м.г.}$  - вартість однієї машино-години роботи ПК, *грн./год.*

$t_{від}$  - комп'ютерний час, витрачений на відлагодження і дослідну експлуатацію створеного програмного продукту, *год.*

Загальна кількість днів роботи на комп'ютері дорівнює 30 днів. Середній щоденний час роботи на комп'ютері – 2,5 години. Вартість години роботи комп'ютера дорівнює 5,2 грн.

Тому:

$$K_2 = 5,2 \cdot 75 = 390 \text{ грн.}$$

На основі отриманих даних складаємо кошторис витрат на розробку програмного забезпечення. Проведені розрахунки занесемо у таблицю 3.

					КР.КІ.9500060.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

Таблиця 4.3- Кошторис витрат на розробку програмного забезпечення

п/п	Найменування витрат	Сума витрат, грн.
	Витрати на оплату праці	18629
	Відрахування у спеціальні державні фонди	3818
	Витрати на куповані вироби	506,0
	Накладні витрати	27943,5
	Інші витрати	1862.9
	Витрати на відлагодження і дослідну експлуатацію програмного продукту	390,0
	Разом	53148

#### 4.2 Визначення прогнозованої (договірної) ціни КС

Величина можливої (договірної) ціни КС повинна визначатися з урахуванням ефективності, якості і термінів її виконання на рівні, що відповідає економічним інтересам замовника (споживача) і виконавця (підрядника).

Договірна ціна (Дц) для прикладних КС розраховується за формулою:

$$Дц = ВКС * (1 + p) = 53148 * 1,25 = 79722,$$

де ВКС - витрати на розробку КС (з таблиці 4.3), грн.;

p - середній рівень рентабельності КС, % (приймається в розмірі 20-30%).

Розраховану можливу ціну КС варто порівняти із цінами на аналогічні розробки, що існують на ринку ІТ продуктів.

					КР.КІ.9500060.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

#### 4.3 Визначення економічної ефективності

Економічна ефективність — досягнення найбільших результатів за найменших затрат живої та уречевленої праці. Економічна ефективність є конкретною формою дії закону економії часу. За капіталістичного способу виробництва узагальнюючий показник економічної ефективності — норма прибутку.

2.6 Визначення економічної ефективності і терміну окупності капітальних вкладень Економічна ефективність (EP) полягає у відношенні результату виробництва до затрачених ресурсів:

$$E_p = \frac{\Pi}{B_{KC}},$$

де  $\Pi$  – прибуток, грн.;

$B_{KC}$  – кошторисна вартість, грн.

Прибуток розраховували за формулою:  $B_{KC} * 15\%$

$\Pi = 5056,12$  грн

$B_{KC} = 33712,75$

$E_p = 5056 / 33712,75 = 0,15$

Поряд із економічною ефективністю розраховують термін окупності

$$T_p = \frac{1}{E_p}.$$

капітальних вкладень ( $T_p$ ):

$T_p = 1 / 0,15 = 6,5$

Отже, в даному розділі дипломного проекту проведено розрахунок витрат на розробку програмного забезпечення. Здійснено порівняння з існуючим

					КР.КІ.9500060.00.00.000.ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

аналогом, проведено аналіз обраних даних показує економну доцільність розробки веб – ресурсу студентської групи «Веб-дизайн».

Згідно проведеного економічного обґрунтування дане програмне забезпечення є конкурентноздатним.

					КР.КІ.9500060.00.00.000.ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

1. Модуль керування ПК за допомогою жестів є захоплюючим та інноваційним напрямом розвитку в галузі комп'ютерних інтерфейсів. Ця технологія використовує розпізнавання жестів для керування різними аспектами комп'ютерної системи, включаючи введення даних, навігацію та виконання команд.

2. Модуль керування ПК за допомогою жестів має потенціал забезпечити більш природний та ергономічний спосіб взаємодії користувача з комп'ютером. Він може допомогти уникнути проблем, пов'язаних зі стандартними інтерфейсами, такими як клавіатура та миша, які можуть бути не зручними для деяких користувачів, особливо людей з обмеженими можливостями.

3. Завдяки модулю керування ПК за допомогою жестів, користувачі можуть здійснювати рухи та жести, щоб спілкуватися з комп'ютером. Це може включати жести руками, пальцями або навіть обличчя. Технологія розпізнавання жестів дозволяє перетворювати ці рухи на команди, які комп'ютер може розуміти та виконати.

4. Основні переваги модуля керування ПК за допомогою жестів включають його інтуїтивно зрозумілий та природний інтерфейс, здатність працювати з багатьма типами додатків та програмного забезпечення, а також його потенціал покращити доступність та використання комп'ютерної технології для всіх користувачів.

5. Однак, на сьогоднішній день модуль керування ПК за допомогою жестів все ще знаходиться на етапі розвитку та вимагає подальшого вдосконалення. Проблеми, такі як точність розпізнавання жестів, чутливість до освітлення та швидкість відгуку, можуть потребувати додаткових досліджень та розробки для досягнення оптимальних результатів.

					КР.КІ.9500060.00.00.000.ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. Загалом, в бакалаврській роботі було виконано всі поставлені завдання, а саме було описано основні вимоги для розробки модуля керування ПК які в подальшому використовувались для виконання самого проєкту. Також було проведено порівняльний аналіз існуючих програм пов'язаних з даною темою, було також описано їх плюси і мінуси, що в подальшому використовувалось для покращення проєкту і його функціоналу. Було проаналізовано існуючі алгоритми і функції для реалізації модуля безконтактного керування комп'ютером що також є важливим в подальшому впровадженні проєкту.

7. Як кінцевий результат було виконано повноцінний проєкт модуля керування засобами робочого столу жестами, проведено всі кроки для тестування проєкту і також було описано всі функції які використовувались в проєкті.

					КР.КІ.9500060.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Chris Albon - "Machine Learning with Python Cookbook", 2018. P. 100-122.
2. Aurélien Géron - "Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow" ,2019. P.93-98.
3. Sebastian Raschka, Vahid Mirjalili - "Python Machine Learning" ,2019. P.25-56.
4. Mamoun Alazab, Suman Lata Tripathi, Deepika Ghai, Sobhit Saxena, Manash Chanda – "Applications of Machine Learning and Deep Learning in Smart Agriculture", 2023, P 16-36
5. Ethem Alpaydin - "MACHINE LEARNING" 2019, P. 30-45
6. [Sibo Gao](#), [James Webb](#), [Zakir Mridha](#), [Anton Banta](#), [Caleb Kemere](#), [Matthew McGinley](#) - Novel Virtual Reality System for Auditory Tasks in Head-fixed Mice 2020. P. 15-56
7. Manav Ranawat, Madhur Rajadhyaksha, Neha Lakhani, Radha Shankarmani - Hand Gesture Recognition Based Virtual Mouse Events 2021, P. 120-134
8. Vantukala Vishnu Teja Reddy, Thumma Dhyanchand, Galla Vamsi Krishna, Satish Maheshwaram - Virtual Mouse Control Using Colored Finger Tips and Hand Gesture Recognition 2020, P 100-120
9. Murtaza Mustufa Sahiwala, Shrishti Ravindra Singh, Deepti Pawar, Disha Dinesh Jakasaniya, Krishna Manoj Patel - Virtual Mouse using Coordinate Mapping 2023 P 24-48
10. Yuliang Zhao, Xianshou Ren, Chao Lian, Kunyu Han, Liming Xin, Wen J. Li - Mouse on a Ring: A Mouse Action Scheme Based on IMU and Multi-Level Decision Algorithm 2021 P 18
11. Roshnee Matlani, Roshan Dadlani, Sharv Dumbre, Shruti Mishra, Abha Tewari - Virtual Mouse using Hand Gestures 2021 P 23

					КР.КІ.9500060.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

12. Fa-Long Luo - Machine Learning for Spectrum Access and Sharing 2020 P 34-56
13. K. Sivamani;R. Seetharaman;D. Nedumaran - Design and Implementation of Gesture Recognition and Writing Text Virtually Using Finger 2019 P 35-43
14. Prutha Atre;Sahil Bhagat;Nevil Pooniwala;Payal Shah - Efficient and Feasible Gesture Controlled Robotic Arm 2018. P 34-54
15. Sakthimohan. M;Elizabeth Rani. G;Navaneethakrishnan. M;Revathi. S;B.Tarasingh Naik;P.Viswanth Reddy - Development of an Automated Hand Gesture Software to Control Volume for Computer 2023. P45-50
16. Manav Ranawat;Madhur Rajadhyaksha;Neha Lakhani;Radha Shankarmani -Hand Gesture Recognition Based Virtual Mouse Events
17. Dubbaka Megha Sai Reddy;Srilekha Kukkamudi;Rishika Kunda;T. Mamatha -Virtual Mouse Using Hand Gesture 2021 P 28-54
18. Gaurav Bhole;Digvijay Bhingare;Rajas Bhise;Sakshi Bhegade;Sohan Bhokare;Amol Bhosle - System Control using Hand Gesture 2023 P 48-58
19. Shaurya Guliani;Renuka Nagpal;Rajni Sehgal;Abhishek Singhal - Gesture Controlled Mouse Navigation : Hand Landmark Approach 2022 P 43
20. Chu Shen;Su-Fang Zhang;Jun-Hai Zhai;Ding-Sheng Luo;Jun-Fen Chen - Imbalanced Data Classification Based on Extreme Learning Machine Autoencoder 2020 P45-46
21. Shaurya Guliani;Renuka Nagpal;Rajni Sehgal;Abhishek Singhal - Gesture Controlled Mouse Navigation : Hand Landmark Approach 2022 P 43
22. Katrin Sophie Bohnsack;Marika Kaden;Julia Abel;Thomas Villmann - Alignment-Free Sequence Comparison: A Systematic Survey From a Machine Learning Perspective 2022 P 23-43
23. Sandya Subramanian;Bryan Tseng;Riccardo Barbieri;Emery N Brown - Unsupervised Machine Learning Methods for Artifact Removal in Electrodermal Activity 2021 P23-24

					KP.KI.9500060.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

24. Ashish Mhetar;B K Sriroop;A G S Kavya;Ramanath Nayak;Ravikumar Javali;K V Suma - Virtual mouse 2020 P23-45
25. Vantukala VishnuTeja Reddy;Thumma Dhyanchand;Galla Vamsi Krishna;Satish Maheshwaram - Virtual Mouse Control Using Colored Finger Tips and Hand Gesture Recognition 2020 P 29-33
26. Claudio David López;Miloš Cvetković;Peter PalenskyEnhancing PowerFactory Dynamic Models with Python for Rapid Prototyping 2019 P 34-36
27. Nikolaos Bafatakis;Niels Boecker;Wenjie Boon;Martín Cabello Salazar;Jens Krinke;Gazi Oznacar;Robert White - Python Coding Style Compliance on Stack Overflow 2018 P 21-23
28. Dimitar Vasilev - Python programming training with the robot Finch 2020 P 23
29. Haodong Ren;Li Yang;Liheng Jiang;Yu Bai;Wei Lu;Jie Chang - A Computational-thinking-oriented Progressive Teaching Mode for Python Course 2020 P 45
30. Tim Weissker;Pauline Bimberg;Ankith Kodanda;Bernd Froehlich - Holding Hands for Short-Term Group Navigation in Social Virtual Reality 2022 P 45
31. Zhenliang Zhang;Cong Wang;Dongdong Weng;Yue Liu;Yongtian Wang - Symmetrical Reality: Toward a Unified Framework for Physical and Virtual Reality 2019 P34-56
32. Lili Wang;Yi Liu;Xiaolong Liu;Jian Wu - Automatic Virtual Portals Placement for Efficient VR Navigation 2022 P 48
33. Yuhan Liu;Qian Sun;Yong Tang;Ying Li;Weiqi Jiang;Jianing Wu - Virtual reality system for industrial training 2020 P 90-95
34. Ruoxi Guo;Jiahao Cui;Wanru Zhao;Shuai Li;Aimin Hao - Hand-by-Hand Mentor: An AR based Training System for Piano Performance 2021 P67-76
35. Ramazan Özgür Doğan;Hülya Doğan;Cemal Köse Virtual mouse control with hand gesture information extraction and tracking 2018 P38-41

					KP.KI.9500060.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

36. Anton Franzluebbbers;Changying Li;Andrew Paterson;Kyle Johnsen - Virtual Reality Point Cloud Annotation 2020 P 90-96
37. Joy Gisler;Valentin Holzwarth;Christian Hirt;Andreas Kunz - Work-in-Progress-Enhancing Training in Virtual Reality with Hand Tracking and a Real Tool 2021 P49-61
38. Changle Sun;Qinwen Jiang;Hongwang Du;Jiajia Wang;Wei Xiong - Real-Time Virtual Simulation and Motion Realization of Electric Drive Vehicle Based on Virtual Reality Fusion 2021 P90-91
39. Zhenjun Jiang;Yang Yang;Qingshu Yuan;Pengfei Leng;Yanyan Liu;Zhigeng Pan -Virtual Reality Training Environment for Electric Systems 2022 P 120-124
40. Wallas Santos;Reinaldo M.G. Silva;Rodrigo C.M. Santos;Marcio Moreno - A Knowledge Oriented Virtual Reality Tool for Exploring Seismic Data 2018 P 120-134.
41. Xingyu Chen;Yufeng Liu;Yajiao Dong;Xiong Zhang;Chongyang Ma;Yanmin Xiong;Yuan Zhang;Xiaoyan Guo - MobRecon: Mobile-Friendly Hand Mesh Reconstruction from Monocular Image 2022 P 190-193
42. Mathis Petrovich;Michael J. Black;Gül Varol Action-Conditioned 3D Human Motion Synthesis with Transformer VAE 2020 P 34
43. Alim Misbullah;Laina Farsiah;Nazaruddin;Furqan Hermawan Voice-Zikr: A Speech Recognition System Implementation for Hands-Free Zikr Based on Deep Learning 2022 P 49-69
44. Qin Chen;Yiwei Li;Zongyong Cui;Zongjie Cao A Hand Gesture Recognition Method for Mmwave Radar Based on Angle-Range Joint Temporal Feature 2022 P 96-98
45. Oscar Koller;Hermann Ney;Richard Bowden Deep Hand: How to Train a CNN on 1 Million Hand Images When Your Data is Continuous and Weakly Labelled 2018 P 89-90

					KP.KI.9500060.00.00.000.ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

46. Xingle Feng;Wenshan Hu;Hong Zhou;Guo-Ping Liu Design of Virtual Thermal Process Control Framework for NCSLab 2021 P 140-143

47. Zhimin Gao;Yongji Cao;Hengxu Zhang;Hao Qin;Xiaoning Zhang;Changgang Li - Cooperative Control Strategy for Virtual Inertia Based on Fuzzy Control 2022 P 67

48. Jingjie Liao;Hai Xiao Gong;Hongyan Lu;Yuling Yang;Jiliang Lin A Control Strategy for Passing and Receiving in Virtual Human Soccer 2022 P 98

49. Linxiu Sha;Changfeng Cheng Design and Development of Virtual Experiment Network Platform for Rig Control 2020 P 104

50. Mattia Bruschetta;Enrico Picotti;Andrea De Simoi;Yutao Chen;Alessandro Beghi;Masatsugu Nishimura;Yoshitaka Tezuka;Francesco Ambrogi Real-Time Nonlinear Model Predictive Control of a Virtual Motorcycle 2019 P 167

					КР.КІ.9500060.00.00.000.ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		