МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ В. Н. КАРАЗІНА

НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ КОМП'ЮТЕРНОЇ ФІЗИКИ ТА ЕНЕРГЕТИКИ

Кафедра комп'ютерної фізики

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

за освітньо-кваліфікаційним рівнем магістр

«Використання систем розпізнавання облич на виробництві і в наукових дослідженнях»

Виконав: студент 2 курсу, групи НФ-64

Рой Ю. В.

Спеціальність: 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали»

Освітньо-наукова програма: «Комп'ютерна фізика»

Керівник: д. ф.-м. н., професор Нємченко К. Е.

Рецензент:

Харків – 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
Навчально-науковий інститут комп'ютерної фізики та енергетики
Кафедра комп'ютерної фізики
Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) магістр
Спеціальність 105 Прикладна фізика та наноматеріали

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Костянтин НЄМЧЕНКО

підпис

"____"_____2024 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Рою Юрію Вікторовичу

1. Тема роботи «Використання систем розпізнавання облич на виробництві і в наукових дослідженнях» керівник роботи: Нємченко Костянтин Едуардович, завідувач кафедри, доктор фізико-математичних наук, професор. Затверджено наказом по університету від 23 лютого 2024 року №4201-5/144.

2. Строк подання студентом роботи 20 травня 2024 року

3. Перелік питань, які потрібно вирішити:

1) зробити огляд літератури, аналітичних та комп'ютерних методів визначення ефективності систем розпізнавання облич;

2) дати опис основних ідей, що до ефективного застосовуються цих систем на виробництві та наукових дослідженнях;

3) запропонувати оригінальні методи застосування систем розпізнавання, та застосувати ці методи для практичних задач, втілюючи обрані алгоритми, та навести приклади розв’язання реальних задач.

4. План роботи

№ з/п	Назви етапів роботи
1	Вибір теми, затвердження на кафедрі та обговорення з науковим керівником.
2	Робота над літературою та іншими джерелами, ознайомлення зі станом індустрії та поточними проблемами.
3	Формулювання ідей для розв’язання визначених проблем за допомогою апаратно-обчислювального комплекса.
4	Розробка концепції комплекса, так його апаратної частини.
5	Вивчання методів та алгоритмів розпізнавання облич та можливості іх використання в запропонованому комплексі.
6	Експериментальна перевірка реалізації обраного алгоритмам на апаратної частині комплекса.
7	Кінцева реалізація програмної частина, та завершення запропонованого продукта у його виставочному варианте.
8	Підготовка пояснювальної записки, усної доповіді та представлення диплому науковому керівнику
9	Ознайомлення з відгуком, рецензією, внесення остаточних виправленню, підготовка до захисту
10	Представлення роботи на попередньому захисті, остаточне корегування презентації та докладу.
11	Захист дипломної роботи

5.Дата видачі завдання 23 лютого 2024 року

Студент _____ Юрій РОЙ
підпис

Керівник роботи _____ Костянтин НЄМЧЕНКО
підпис

РЕФЕРАТ

Рой Юрій «Використання систем розпізнавання облич на виробництві і в наукових дослідженнях»
Кваліфікаційна робота магістра з комп'ютерної фізики. – Х.: Харківській національний університет імені В. Н. Каразіна, 2024. – 42 с.

У цій роботі досліджуються різні методи розпізнавання обличь, та реалізація цих алгоритмів в сучасних комп'ютерних системах. В роботі аналізуються переваги та недоліки різних підходів та методів, а також аспект їх практичного використання. Основуючись на проведеному аналізі в дипломі запропоновано оригінальні ідеї до що до застосування деяких найбільше ефективних методів для індустріального сектора з ціллю розширення бізнес моделей які наразі використовуються для відповіді на виклики сучасного світу, а також підвищення ефективності використання обладнання при проведенні наукових досліджень. На останньому етапі досліджень розроблені алгоритми були втілені в програмному та апаратному продукті, які використовується як демонстраційний стенд для демонстрацій того що запропоновані задачі вирішуються успішно. Подальші дослідження повинні перевірити запропонований метод у реальних умовах, щоб визначити переваги та недоліки реалізації, запропонувати можливі коригування та подальший розвиток запропонованої ідеї якщо вони буде достатньо успішної.
КЛЮЧОВІ СЛОВА: РОЗПІЗНАВАННЯ ОБЛИЧЬ, АЛГОРІТМИ ТА МЕТОДИ РОЗПІЗНАВННЯ ОБЛИЧЬ, «РОЗУМНІ» ІНСТРУМЕНТИ, ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ

ABSTRACT

Yuriy Roy "The use of face recognition systems in production and scientific research" Master's thesis in applied physics. – Kh.: Kharkiv National University named after V. N. Karazin, 2024. – 42 p.

This paper investigates various methods of face recognition and the implementation of these algorithms in modern computer systems. The paper analyzes the advantages and disadvantages of different approaches and methods, as well as the aspect of their practical use. Based on the analysis, the thesis proposes original ideas for the application of some of the most effective methods for the industrial sector in order to expand the business models currently used to meet the challenges of the modern world, as well as to increase the efficiency of equipment use in scientific research. At the last stage of the research, the developed algorithms were implemented in a software and hardware product, which is used as a demonstration bench to show that the proposed tasks are solved successfully. Further research should test the proposed method in real-world conditions to determine the advantages and disadvantages of the implementation, suggest possible adjustments and further development of the proposed idea if it is successful enough.

KEYWORDS: FACE RECOGNITION, FACE RECOGNITION ALGORITHMS AND METHODS, SMART TOOLS, INTERNET OF THINGS

ЗМІСТ

ВСТУП 7

1. СУСПІЛЬНІ ТА ІНДУСТРІАЛЬНИ ВИКЛИКИ СУЧАСНОСТІ 9

1.1. Вступ до розділу 9

1.2. Сучасні проблеми виробництва 9

1.3. Керування інструментами на виробництві 11

1.4. Поточна ситуація та пов’язані виклики 12

1.5. Вимоги до запропонованого рішення 13

1.6. Висновки до розділи 15

2. РОЗУМНИЙ ВЕРСТАК ЯК ВИРІШЕННЯ ВИКЛИКІВ 16

2.1. Основні поняття 16

2.2. Компонентна схема 16

2.3. Типовий сценарій використання 17

2.4. Високорівнева архітектура запропонованого рішення 19

2.5 . Висновки розділу 21

3. ПРИКЛАДНА ЗАДАЧА РОЗПІЗНАВАННЯ ОБЛИЧЧ 22

3.1. Огляд моделей розпізнавання обличь 22

3.2. Вибір та реалізація моделі розпізнавання обличь 28

3.3. Висновки до розділу 30

ВИСНОВКИ 31

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 32

ВСТУП

Актуальність теми. Виклики сучасності ускладнюють роботу виробників, наукових працівників та інших користувачів коштовного обладнання. Іноді ціна за яке може перевищувати всі розумні мірки і примушувати обходитись без нього. Однак, швидка цифровізація інформаційних технологій, удосконалення в комп'ютерній індустрії особливо у взаємозв'язках Інтернету створили величезну кількість можливостей для нових бізнес моделей та підходів які допоможуть використовувати коштовне обладнання тим хто його потребує. Одна із складових запропонованого рішення це розпізнавання обличь, і у цієї роботі ця тема досліджуються з точку зору ефективності ідентифікації обличчя та ефективності використання ресурсів для цього. В роботі обговорюються переваги та недоліки різних методів а також дано ретельний опис основних ідей, що можуть бути застосовані для подальшого прототипування запропонованого рішення. Основуючись на проведеному аналізі в дипломі запропоновано оптимальний механізм для розпізнавання обличь, і нарешті на останньому етапі досліджень розроблені алгоритми були втілені в програмних продуктах, які використовувалися для демонстрації того як запропоноване рішення розв'язує практичну задачу. Знайдене рішення само по собі представляю обмежений інтерес з практичної точки зору, але може бути використане як інструмент демонстрації, планування, та подальшого прототипування у сучасному обладнанні яке планується випускатися. Подальша шагі мають бути націлені на перевірку запропонованого рішення у реальних умовах, щоб визначити інтерес зі сторони цільової аудиторії, та переваги та недоліки реалізації, а також запропонувати можливі коригування.

Основною метою дипломної роботи є аналіз методів для розпізнавання обличь та використання обраного метода в прототипі обладнання яке має вирішувати проблеми користування промислового або наукового обладнання високої вартості.

Об’єкт дослідження - ефективне та точні методи розпізнавання обличь.

Предмет дослідження – використання методи розпізнавання обличь в промислової або наукової діяльності.

Методи дослідження – математичні методи математичної статистик, які дають змогу найбільш точно та за допомогою обмежених ресурсів виконувати розпізнавання обличь.

Наукова новизна одержаних результатів – запропоновано оригінальні метод для користування промислового або наукового обладнання високої вартості.

Практичне значення отриманих результатів:

- проведено ретельний аналіз методів розпізнавання обличь, визначена іх точність та ефективність;
- дано аналітичний огляд основних ідей, де ці методи можуть бути застосовані для вирішення проблем та викликів сучасності, на прикладі використання промислового або наукового обладнання;
- втілення розроблених алгоритмів при розв’язанні реальних задач.

Структура і обсяг роботи. Магістерська робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи становить 34 сторінок, із них основного тексту 28 сторінок, 9 рисунки за текстом, список використаних джерел із 19 найменувань на 3 сторінках.

1. СУСПІЛЬНІ ТА ІНДУСТРІАЛЬНИ ВИКЛИКИ СУЧАСНОСТІ

1.1. Вступ до розділу

Традиційно більшість інструментів, обладнання та процесів у виробництві, будівництві, після продажному обслуговуванні обслуговування тощо виконувалися вручну. Люди працювали з інструментами та обладнанням. Люди контролювали та контролювали та наглядали за більшістю аспектів виробничих та сервісних процесів. Люди збирали показання приладів відповідно до процедури, перевіряли їх, верифікували, аналізували, узагальнювали та готували до прийняття рішень. Керівники приймали тактичні та стратегічні рішення, які потім вручну доводили до людей. Люди коригували процеси відповідно до нового бачення та напрямку. Це працювало досить добре для помірно-конкурентного місцевого середовищах з помірною конкуренцією. Однак така організація робочого процесу вже не є прийнятною у висококонкурентному середовищі, нестабільному, невизначеному, складному та неоднозначному світі.

1.2. Сучасні проблеми виробництва

Спочатку пандемія COVID-19 серйозно вплинула на світову економіку. Більшість великих організацій та малих і малий бізнес раптово опинилися перед двома варіантами: або знайти спосіб швидко адаптуватися до нестабільної та неоднозначної ситуації, або припинити свою діяльність. Згідно зі звітом Fortune (Fortune 2020), 94% компаній зі списку Fortune 1000 були змушені перепрофілювати або реформувати свої ланцюги поставок. Для більшості організацій продукти та матеріали, вироблені на заводах Китаю, є важливою частиною їхньої логістичної та бізнес-стратегії. З 2001 року, коли Китай вступив до СОТ, американський імпорт з Китаю зріс зі 100 до 500 мільярдів доларів. Європейський Союз не набагато відстає від США за цими

показниками. І крива тренду імпорту йде вгору, збільшуючи свої темпи. Однак, зростаюча торговельна напруженість між США та Китаєм вже починає позначатися на ланцюгах поставок, які ледве відновилися після COVID-19. Вторгнення Росії в Україну та російсько-українська війна додають нестабільності до ситуації у виробництві для глобальних організацій та світової економіки в цілому, що призводить до зростання глобальної інфляції та глобальну інфляцію та ризики ескалації. Глобальна міграція населення (за останні 20 років збільшилася до 103 мільйонів біженців (УВКБ ООН 2022)), спричинена цими та подібними руйнівними подіями, тисне на уряди та міжнародні організації. Одночасно загострюються й інші проблеми старого світу. Незважаючи на прогрес у 2022 році, вплив зміни клімату погіршується, що спричиняє катастрофічні повені, спеку та посухи в одній частині Землі, а в іншій - танення льоду на полюсах Землі (Фундація ООН 2022). Це ще одне джерело напруженості, з яким люди та люди та організації в багатьох країнах борються саме зараз. Промисловість повинна проявляти велику відповідальність в організації своїх процесів і розвитку, завжди пам'ятаючи про можливі жахливі наслідки перевищення порогу потепління на 1,5°C, який існував у доіндустріальні часи. Не дивно, що економісти всього світу почали попереджати людство про "небезпечно близьку" рецесію у 2023 році (World Bank 2023).

Ці та інші світові потрясіння ставлять нові виклики перед промисловими організаціями та бізнесу. Сьогодні організаціям доводиться продовжувати шукати розумніші способи реагувати на виклики, виживати та витримувати конкуренцію. Промисловість повинна продовжувати оптимізацію, вдосконалення та автоматизацію бізнес-процесів; розвивати нові компетенції; шукати нові можливості в рівнянні людей, інтелекту, процесів та інновацій; створювати конкурентні переваги та послуги, унікально орієнтовані на своїх клієнтів. Іншими словами, організації повинні продовжувати цифрову трансформацію (ЦТ) і не втрачати імпульс на шляху до Індустрії 4.0.

1.3. Керування інструментами на виробництві

Бізнес- та технологічні процеси у виробничій організації або сервісному цеху є різноманітними та комплексними. Вони складаються з безлічі етапів, взаємозв'язків, контрольних пунктів якості та затвердження. Інструменти є найважливішою частиною практично будь-якого етапу будь-якого процесу різної складності. Якість управління інструментами в організації безпосередньо визначає якість результатів процесу і впливає на характеристики процесу. Серед багатьох викликів, з якими стикається кожна промислова організація, наступні, як правило, зустрічаються і вирішуються так чи інакше:

1. Відсутні, неправильні або застарілі дані. Протягом життєвого циклу інструменту генерується різна інформація: наявність інструменту, його використання, ремонт, втрата, виведення з експлуатації тощо. Якщо події, пов'язані з інструментом, відстежуються вручну, то ймовірність того, що це буде постійним джерелом помилок, дуже висока.
2. Захист доступу. Інструменти є цінними і дорогими активами організації, і лише уповноважений персонал повинен мати доступ до них. Керівники повинні знати, хто мав доступ до яких інструментів, коли і чи не зникли якісь інструменти та прилади.
3. Своєчасне технічне обслуговування. Інструменти слід регулярно перевіряти на наявність будь-яких проблем: фізична втома, пошкодження, неправильне калібрування тощо. Якість своєчасного технічного обслуговування має прямий вплив на якість результату отриманого за допомогою цих інструментів.
4. Повнота на робочих місцях. Персонал завжди повинен мати достатню кількість точних інструментів, необхідних для виконання своїх завдань протягом дня. Якщо якість інформації про стан усіх наявних

інструментів низька то керівникам може бути важко сказати, за який саме набір інструментів вони відповідають в даний момент.

5. Комплаєнс та регуляторні стандарти. Організація може мати внутрішні, самостійно встановлені правила, які регулюють використання інструментів персоналом, або ж організація може бути сертифікована ISO, NCCER чи NIMS, або ж повинна дотримуватися галузевих чи державних нормативних актів. У будь-якому випадку, керівники та менеджери повинні постійно управляти всіма записами про інструменти та проходити регулярні процедури аудиту.

1.4. Поточна ситуація та пов’язані виклики

Бізнес- та технологічні процеси у виробничій організації чи сервісному цеху є різноманітними та комплекснимі. Вони складаються з безлічі етапів, взаємозв'язків, контрольних пунктів якості та затвердження. Інструменти єнайважливішою частиною практично будь-якого етапу будь-якого процесу різної складності. Якість управління інструментами в організації безпосередньо визначає якість результатів процесу і впливає на характеристики процесу.

Серед багатьох викликів, з якими стикається кожна промислова організація, деякі, як правило, зустрічаються і вирішуються в той чи інший спосіб.

так чи інакше:

1. Відсутні, неправильні або застарілі дані. Протягом життєвого циклу інструменту генерується різна інформація: наявність інструменту, його використання, ремонт, втрата, виведення з експлуатації тощо. Якщо події, пов'язані з інструментом, відстежуються вручну, то ймовірність того, що це буде постійним джерелом помилок, дуже висока.

2. Захист доступу. Інструменти є цінними і дорогими активами організації, і лише уповноважений персонал повинен мати доступ до них. Керівники повинні знати, хто мав доступ до яких інструментів, коли і чи не зникли якісь з них.
3. Вчасне технічне обслуговування. Інструменти слід регулярно перевіряти на наявність будь-яких проблем: фізичної втоми, пошкодження, неправильне калібрування тощо. Якість своєчасного технічного обслуговування має прямий вплив на якість кінцевого продукта, або результату, отриманого за допомогою цих інструментів.
4. Повнота на робочих місцях. Персонал завжди повинен мати достатню кількість точних інструментів, необхідних для виконання своїх завдань. Якщо якість інформації про стан усіх наявних інструментів низька то керівникам може бути важко сказати, за який саме набір інструментів вони відповідають в даний момент.
5. Комплаєнс та регуляторні стандарти. Організація може мати внутрішні, самостійно встановлені правила, які регулюють використання інструментів персоналом, або ж організація може бути сертифікована ISO, NCCER чи NIMS, або ж повинна дотримуватися промислових чи державних нормативних актів, яких необхідно дотримуватися. У будь-якому випадку, керівники та менеджери повинні постійно управляти всіма записами про інструменти та проходити регулярні процедури аудиту.

1.5. Вимоги до запропонованого рішення

Всі вищезгадані фактори так чи інакше ведуть до управління інструментами та обладнанням. Отже, типова система управління інструментом та обладнанням, яка вирішує наявні проблеми, повинна мати наступні атрибути:

1. Наявність. У розпорядженні співробітників має бути повний набір інструментів, необхідних для виконання завдань протягом дня. Кількість наявних інструментів має відповідати кількості завдань для всіх працівників у сервісних цехах тощо.
2. Безпека. Повинні бути передбачені засоби для збереження інструментів та запобігання несанкціонованому доступу до них. Всі успішні та невдалі спроби доступу повинні реєструватися для подальшого використання.
3. Доступність. Співробітники повинні знати, де знайти інструменти, необхідні для виконання своїх завдань. Вони повинні швидко та легко отримувати доступ до інструментів, до яких вони авторизовані.
4. Відстежуваність. Керівники повинні розуміти, хто і якими інструментами користувався, як довго, і чи був інструмент повернутий в належне місце (верстак або воркбенч).
5. Відстежуваність. Керівники повинні негайно знати поточний стан ящика з інструментами: які інструменти використовуються, які прострочені, а які відсутні. Вони повинні бути негайно сповіщені, якщо інструмент покинув заборонену зону.
6. Ремонтопридатність. Керівники повинні мати повну інформацію про фізичний стан інструментів, які інструменти потребують негайного ремонту, які мають бути заплановані для технічного обслуговування і коли, які інструменти потребують заміни.

Можна з упевненістю очікувати, що організація або підприємство, яке налаштовує управління інструментами відповідно до наведених вище атрибутів якості, матиме значний позитивний вплив на зменшення втрат часу та зусиль, необхідних для виробництва продукції чи надання послуг. Така організація управління інструментами допомагає керівникам і лідерам вдосконалювати основні можливості для успішного розвитку і трансформації бізнесу: гіперобізнаність, прийняття обґрунтованих рішень та швидке їх

виконання. Це, в свою чергу, відкриває шлях до різних економічно ефективних оптимізацій бізнес- та технологічних процесів в організації.

У минулому таких покращень було важко досягти, застосовуючи лише традиційні підходи до трансформації процесів. трансформації процесів. Однак сьогодні досягнення в галузі IT та OT, прогрес у їх конвергенції, поява різноманітних датчиків, актуаторів та недорогих периферійних обчислювальних пристроїв, а також вдосконалення підходів та технологій збору, зберігання, обробки, аналізу та прийняття рішень, розвиток хмарних технологій роблять ці зміни можливими.

Згідно з опитуваннями PTC та Foundry у 2021-2022 роках (PTC 2021, Foundry 2022), 91-92%% опитаних організацій вже знаходяться на шляху цифрової трансформації бізнесу, але все ще перебувають на різних етапах впровадження - від планування до розгортання. Згідно з опитуванням Foundry (Foundry 2022), 32% респондентів планують звернутися за допомогою до своїх технологічних партнерів у розробці цифрової стратегії, 34% планують залучити своїх технологічних партнерів для надання рекомендацій щодо відповідних технологій та послуг, а 29% планують звернутися за рекомендації щодо редизайну та автоматизації процесів.

1.6. Висновки до розділу

Організації повинні шукати нові креативні способи впровадження нових технологій, таких як великі дані, штучний інтелект та інноваційні прискорювачі, такі як Інтернет речей, цифрові двійники або передова робототехніка, у цехах, на будівельних майданчиках, сервісні центри тощо.

2. РОЗУМНИЙ ВЕРСТАК ЯК ВИРІШЕННЯ ВИКЛИКІВ

2.1. Основні поняття

В рамках цієї роботи була запропонована та розроблена та доказова концепція, яка дозволить вирішити деякі з проблем за допомогою технологій Індустрії 4.0. Команда назвала це рішення Розумний Верстак (Smart Toolbox), і це система управління інструментами, яка встановлюється на робочому майданчику і має на меті забезпечити доступ до інструментів, збирати статистику використання інструментів та надсилати її до хмарного сховища, де вона обробляється, агрегується, зберігається та візуалізується.

2.2. Компонентна схема

Унікальною особливістю рішення є те, що він складається з двох пов'язаних між собою частин:

1. Апаратного блоку. Це пристрій, який встановлюється на ящик з інструментами і контролює, хто має доступ до ящика з інструментами, які інструменти виймаються з ящика, повертаються назад і коли.
2. Платформа управління автопарком та звітності. Це хмарна програмна система, яка керує ієрархією місць встановлення розумних верстаків; забезпечує, конфігурує та контролює апаратні одиниці; управляє записами про інструменти та генерує статистичні звіти.

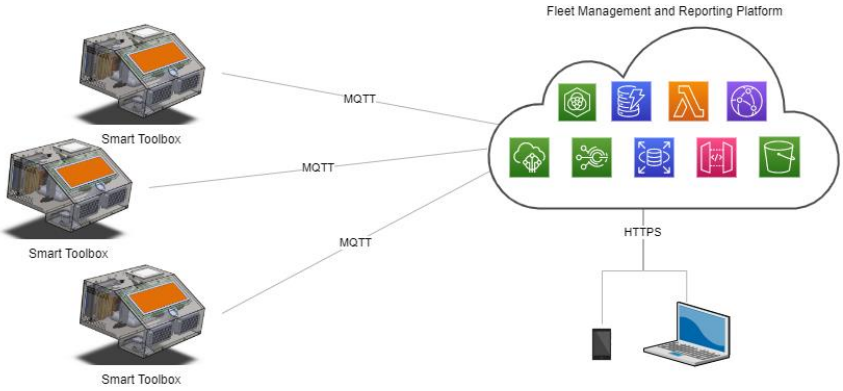


Рис 2.1. Компоненти запропонованого рішення

2.3. Типовий сценарій використання

Цільова аудиторія розумного верстака - це люди, які працюють у цеху, сервісній майстерні або на будівельному майданчику. Наприклад, для виробничого цеху типовими персонажами можуть бути:

1. Девід Сміт, 47 років, робітник
2. Міо Хіт, 35 років, керівник
3. Рейчел Джозеф, 28 років, IT-підтримка

Робота Девіда полягає у перевірці якості продукту, що надходить з проміжного етапу конвеєра. Він дбає про те, щоб мати потрібний інструмент або обладнання в потрібний час. Девід ненавидить, коли час циклу роботи, за яку він відповідає, переймається через те, що він не зміг знайти потрібний інструмент, або інструмент не функціонує так, як очікувалося. Він не дуже любить гаджети та комп'ютери, тому зазвичай чим простіший інтерфейс для виконання завдання, тим краще для нього.

Вранці Девід отримує від Міо список завдань на зміну. Кожне завдання передбачає його виконання за допомогою інструментів з певного набору інструментів, до яких Девід вже має доступ. Виконуючи завдання, Девід заходить в апаратний блок за допомогою вбудованої функції ідентифікації обличчя. Розумний верстак успішно розпізнає його, впускає в систему і відкриває персональний екран інформаційної панелі Девіда. На екрані відображається історія використання інструменту Девідом за сьогоднішній день. Девід може швидко перевірити, якими інструментами він користувався до цього часу, як довго і скільки часу, а також оцінити вартість використання. Коли Девід дістає інструмент, вбудований RFID-зчитувач сканує RFID-мітку, прикріплену до інструмента, записує її і починає сеанс використання інструмента. Коли Девід закінчує роботу, він повертає інструмент назад. Девід знову входить в систему, кладе інструмент, пристрій

сканує RFID-мітку на інструменті, записує її і припиняє сеанс роботи з інструментом для Девіда.

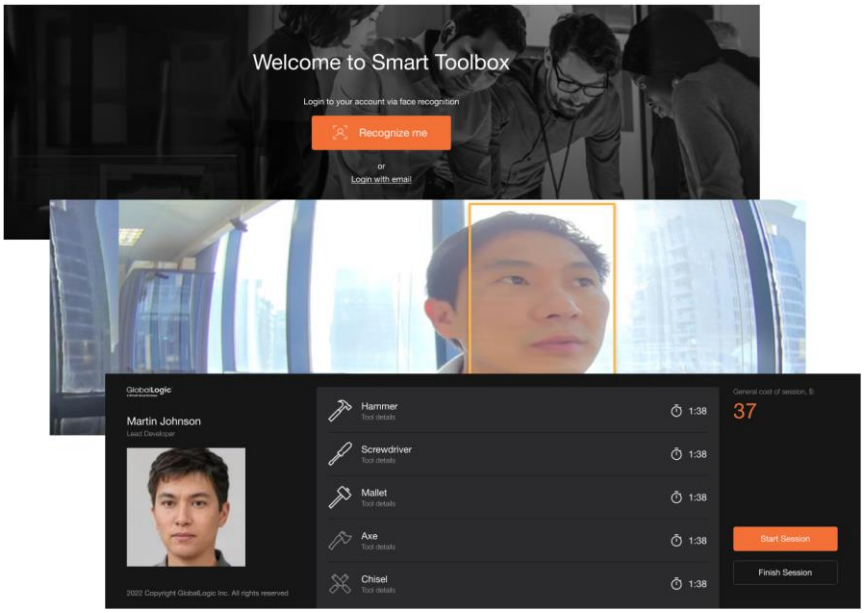


Рис 2.2. Інтерфейс роботи розумного верстака

Міо, керівник Девіда, відповідає за роботу всього цеху. Управління інструментами - одна з її обов'язків. Міо дбає про те, щоб усі інструменти завжди були в хорошому стані і готові до роботи на початку її та Девіда зміни. Вона збирає статистику використання інструментів, створює звіти і стежить за тим, щоб обслуговування проводиться вчасно. Вона ненавидить, коли інструменти губляться або несподівано ламаються. Міо – досвідчений користувач комп'ютера і може легко створити складний звіт в Excel або синхронізувати дані зі свого мобільного на ноутбук.

Більшу частину часу Міо входить у контролюючий веб-додаток (Fleet Management and Reporting). Міо має доступ до нього як з ноутбука, так і зі смартфона. Перед початком зміни Міо переконується, що в «розумних» ящиках є всі інструменти, необхідні Девіду та іншим працівникам для виконання їхніх завдань, а також перевіряє, чи всі вони мають до них доступ. Під час зміни Міо зазвичай перевіряє поточний стан смарт-боксів на наявність інструментів, які використовуються, прострочені або пропущених.

Наприкінці зміни Міо генерує низку аналітичних звітів про використання інструментів і переконується, що всі інструменти були повернуті.



Рис 2.3. Інтерфейс роботи керівного веб-додатка.

Рейчел відповідає за налаштування обладнання та програмного забезпечення в цеху. Деякі завдання вона виконує віддалено, а для деяких інших вона ходить до апаратного обладнання, встановленого в цеху. Їй подобається, коли нове обладнання можна налаштувати «в кілька кликів» і після цього воно працює з мінімальною увагою. Вона ненавидить копатися в «недокументоване» програмне забезпечення та поведінку обладнання без жодної підказки в журналах. Вона має ступінь бакалавра з комп'ютерних наук, тому більшість проблем вона може вирішити самостійно.

Рейчел з IT-відділу здебільшого працює з веб платформою, але іноді вона також заходить в апаратний блок, щоб перевірити його конфігурацію.

2.4. Високорівнева архітектура запропонованого рішення

Ядром апаратної частини є одноплатний компактний комп’ютер NVIDIA Jetson Nano 2Gb. Його технічні можливості дозволяють підключати обладнання, необхідне для реалізації потрібної функціональності, а також розробляти функції з підтримкою ШІ, наприклад, розпізнавання обличь яке є одної з ключових властивостей прибору. Інші компоненти це набор периферії які обслуговують цей комп’ютер:

1. Сенсорний екран Waveshare 7.9” LCD 400x1280, інтерфейс для взаємодії користувача зі розумним верстаком.
2. USB NFC зчитувач ACR122U, Зчитувач RFID-міток, прикріплених до інструментів, що зберігаються в верстаку
3. Фронтальна камера Waveshare IMX477-160 12.3MP, для реалізації розпізнавання обличчя користувача та автентифікації.
4. Блок живлення Sunny 5B 4A TYPE-C AC-DC, для живлення плати Jetson Nano
5. Бездротовий USB Адаптер TP-LINK Archer T600U Nano, який дозволяє приєднуватися до Інтернет та взаімодіяти з керуючим веб-додатком.

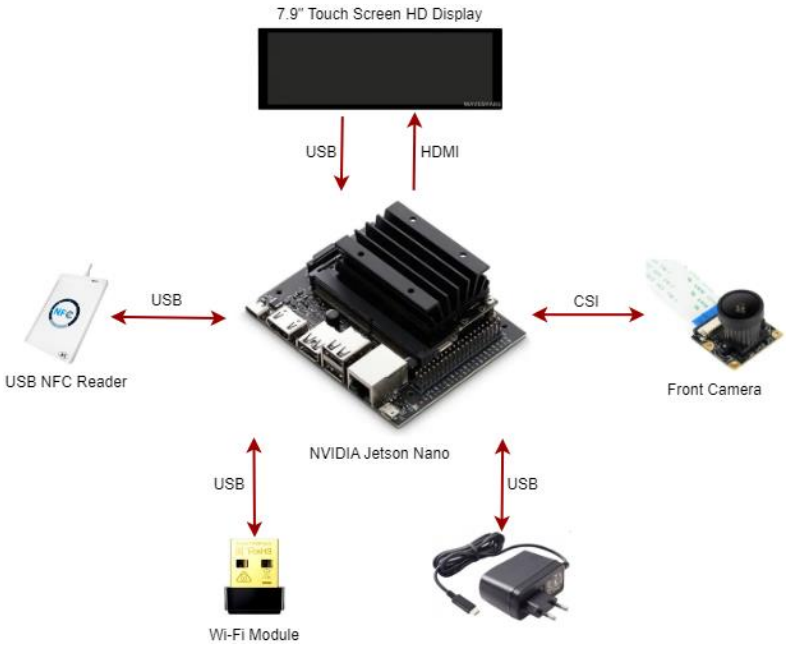


Рис 2.4. Апаратні компоненти розумного верстака.

Програмне забезпечення, що працює на апаратному блоці Smart Toolbox, реалізовано для Jetson Linux (також відомого як Linux4Tegra на базі Ubuntu 18.04), яка призначена для використання на платах NVIDIA Jetson. Ядром програми реалізовано на C++ (C++14) та Qt5. Всі дані програми та користувача зберігаються в локальній базі даних SQLite. NFC зчитувач зчитує RFID-мітки інструментів за стандартом PC/CS. Реалізація функцій виявлення та розпізнавання облич базуються на бібліотеках OpenCV та dlib. Програмне забезпечення також взаємодіє з платформою управління використовуя AWS

IoT SDK. Доступ до бази даних SQLite реалізовано через бібліотеку sqlite3. Логічна організація компонентів програмного забезпечення показана на наступній діаграмі компонентів.

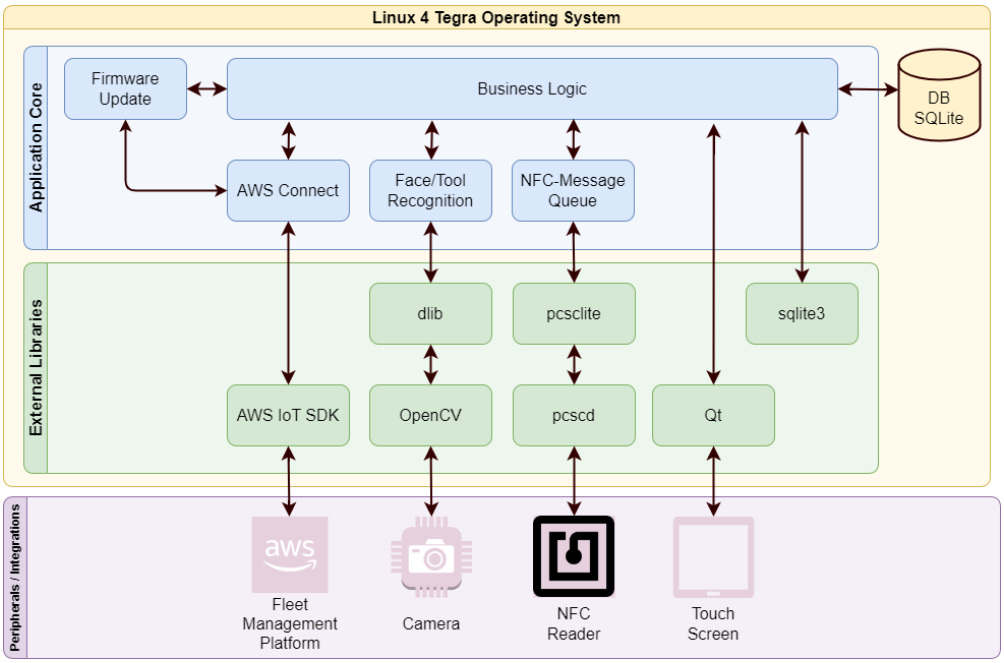


Рис 2.5. Програмна компоновка розумного верстака.

2.5 . Висновки підрозділу

У цій роботі пропонується рішення яке є концепцією вирішаючей деякі проблеми та виклики сучасності за допомогою нових технологій в дусі Індустрії 4.0. Рішення забезпечую доступ до інструментів, збирає статистику використання інструментів та надсилати її до хмарного сховища, де вона обробляється, агрегується, зберігається та використовуються для покращення показників роботи типового виробничого підприємства. Але підхід не лімітуються виробництвом і може бути використаним для організації роботи з обладнанням в будь який інший галузі – науковій, академічної, і ті.

3. ПРИКЛАДНА ЗАДАЧА РОЗПІЗНАВАННЯ ОБЛИЧЬ

У цьому розділі буде розглянута конкретна задача розпізнавання обличь яка є частиною запропонованого продукту. Ця задача є основною для цього диплома. Тому вона буде ретельно розглянута, будуть наведені основні формули та запропоновано алгоритм пошуку найбільш ефективної моделі. Зокрема, буде проаналізована можливість використання різних моделей на компактних комп'ютерах, наприклад на nVidia Jetson Nano, тому що обчислювальна можливість цих приладів доволі обмежена, а час розрахунків різних моделей може відрізнятися на порядки, роблячи неможливою їх використання.

3.1. Огляд моделей та методів розпізнавання обличь

Перший метод який ми розглянемо це холістичний метод. У цьому методі зображення обличчя розглядається повністю і не підтримує обробку рис обличчя окремо. Ця методика є унікальною в розпізнаванні зображення обличчя і допомагає в обробці обличчя в більш відмінний спосіб, ніж інші методи. Дослідники завжди реалізують використання цього підходу у ФР за допомогою інфрачервоних зображень. Були проведені дослідження для визначення потенціалу ІЧ-зображень для ФР за допомогою форм, які є значущими і вважаються елементарними на термограмах. Чиста форма цієї структури була визнана як відбитки пальців. Для вилучення оригінальної форми з термограм використовували різні підходи. Технічних деталей наявного методу немає, тому немає робіт, які б вказували на ефективність цих методів.

Найбільш ранні дослідження появи холістичного підходу були зроблені тільки для візуального спостереження. Але у подальшому були запропоновані та проведені перші дослідження інфра-червоних (ІЧ) зображень на предмет

розпізнавання обличь, застосувавши методику, яка базувалася на обличчях, запропонованих дослідниками холістичного методу. Наприклад, працюючи над базою даних з 288 ІЧ-зображень, отримавши показник розпізнавання приблизно 96%. База даних складалася з 12 зображень для кожних 24 суб'єктів, і кожне зображення в базі даних представляло різні обличчя і пози. Пізніше були розроблені вдосконалені лінійні методи, такі як лінійний дискримінаційний аналіз (LDA), власні поверхні, аналіз локальних особливостей (LFA) і компетентний незалежний аналіз (ICA) як для видимої, так і для теплової бази даних механізму розпізнавання обличь. Потім вони роблять висновок, що точність, отримана за допомогою теплового аналізу, є набагато вищою, ніж отримана за допомогою візуального спектру, оскільки на зображеннях у базі даних було ідентифіковано велику кількість змінних. На поточний час методи базовані на ІЧ використовуються більшість сучасних побутових приладів, таки як смартфони, камери спостереження, тощо.

Також існуть інъши, сучасні методи розпізнавання обличь. Наприклад метод, заснований на загальній гаусівській моделі суміші, був досліджений в 2011 році. Це метод параметризує різні зразки зображень за допомогою байєсівського підходу і досягли точності ідентифікації на рівні 95% як на тепловій, так і на видимій базі даних. Інша модель для розпізнавання була розроблена на основі бази даних з 50 зображень, кожне з яких містило десять зображень різної пози. Вона підтвердила деякі докази підтримки в ІЧ-спектрі. Метод, заснований на зовнішньому вигляді, допоміг статистичному методу, який є складним, а не включає знання для конкретних даних. Це слугує суттєвим недоліком, оскільки дані, що розглядалися для ідентифікації, не включали міжособистісні варіації через різницю в емоційному стані, вживанні алкоголю та фізичних вправах або температурі людини.

Різні дослідники застосовують різні методи вилучення ІЧ-зображень для розпізнавання, що базуються на особливостях обличчя. Видалення особливостей ІЧ-зображень здійснюється на основі локальних бінарних

патернів (LBP), вейвлет-перетворення, криволінійного перетворення, перфузії крові та судинної мережі. Вейвлет як перетворення використовується для представлення одно- та двовимірних сигналів, що включає в себе вигляд обличчя у ВС. Курвлет-форма перетворення розширює функцію вейвлет-перетворення, в якій ступінь орієнтації безпосередньо залежить від масштабу курвлета. У 1997 році було зроблено пропозицію щодо виділення особливостей теплових зображень. Підхід базувався на поєднанні класифікацій на основі результатів нейронних мереж з локально усередненим зовнішнім виглядом. Запропонований метод був застосований при кімнатній температурі в діапазоні від 302K до 285K, і швидкість розпізнавання склала 92%, коли дані для навчання і оцінки були отримані при відповідній кімнатній температурі. Метод досяг рівня розпізнавання близько 60% що не перетворило його на популярний або особливо перспективний метод.

Неможна також нічого не сказати про мульті-модальні методи розпізнавання обличь. Методи інфрачервоної візуалізації стикаються з проблемою непрозорих окулярів, які отримують дані в залежності від фізичного та емоційного стану людини. Окуляри і варіації психологічних станів, таких як емоції, контрастують в тому, що вони не створюють жодних обмежень для розпізнавання обличь. Завдяки цим складним факторам, ІЧ і візуальний метод можна розглядати як сучасні один одному. Різні методи, які описують ІЧ, використовують концепцію злиття з ІЧ-спектром. Для злиття зображень можна використовувати два методи, один на рівні даних, а інший на рівні рішень. На рівні даних побудова ознак здійснюється шляхом успадкування інформації з двох модальностей, а потім виконується класифікація даних. На рівні рішення обчислюється точність збігу ІК і візуальних спостереженнь на двох особах. Для зіставлення зображень були застосовані власні поверхні та фільтри переслідування. Порівняння також було проведено для визначення ефективності ізоляції, а також проекцій у відтінках сірого, і їхні методи злиття були визнані найкращими методами.

Таким чином рівень помилок було зменшено з 10% до 1% завдяки запропонованому злиттю зображень, що робить

Окремо потрібно зупинитися на найбільш сучасному метод різпознавання обличь, це залишкові мережі (скорочено ResNets від Residual Networks) яки пропонують новий підхід до побудови глибоких нейронних мереж, полегшуючи проблему деградації та дозволяючи навчати значно глибші моделі з метою отримувати найточніші результати. Цей метод побудован на основі так званих залишкових блоків - фундаментального будівельного блоку, який революціонізував спосіб побудови нейронних мереж. На відміну від традиційних згорткових шарів, які запам'ятовують пряме відображення від входу до виходу, залишкові блоки запам'ятовують залишкове відображення, тобто різницю між входом і виходом. Залишковий блок - це фундаментальний будівельний блок ResNet. Це блок з пропускним з'єднанням, який вивчає залишкові функції на основі входів шару. Ця, здавалося б, проста концепція мала глибокий вплив на навчання глибоких мереж.

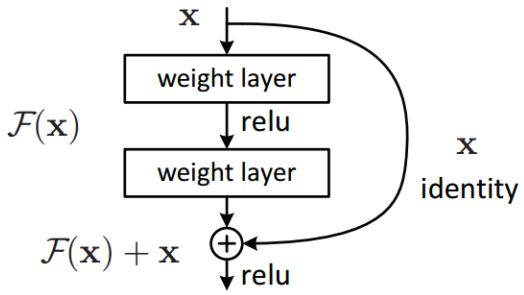


Рис 3.1. Структура залишкового блоку

Математично, залишковий блок може бути представлено як наступна функція:

$$y = F(x, \{Wi\}) + x \quad (1)$$

Де x - вхід залишкового блоку, F(x, {Wi}) представляє залишкове відображення, отримане згортковими шарами з вагами Wi, а y - вихід залишкового блоку. Ключове нововведення полягає в додаванні входу x до

залишкового відображення, створюючи зв'язок короткого шляху, також відомий як пропуск або залишковий зв'язок.

Це нововведення повязане з контрінтуїтивними явищами щодо проблеми деградації повязаним з глибоким навчанням, коли кількість рівней веде не до підвищення, а до погіршення точності розпізнавання.

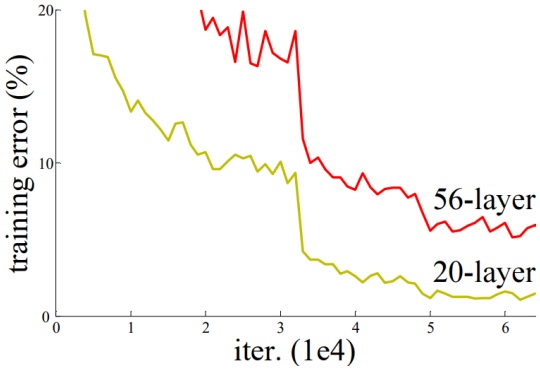


Рис 3.2. Феномен погіршення якості з ростом шарів

Тобто якщо додані шари можуть бути побудовані як відображення тотожності, то глибша модель повинна мати похибку навчання не більшу, ніж її мілкіший аналог. Проблема деградації припускає, що розв'язувачі можуть мати труднощі з апроксимацією тотожних відображень в декількох нелінійних шарах. При переформулюванні за залишковим навчанням, якщо відображення тотожності є оптимальними, розв'язувачі можуть просто наблизити ваги декількох нелінійних шарів до нуля, щоб наблизитися до тотожних відображень. Але з ResNet відбувається те, що навіть коли кількість шарів стає більшою, ефективність помилки навчання продовжує знижуватися. Навіть якщо ми тренуємо мережу з понад сотнею шарів.

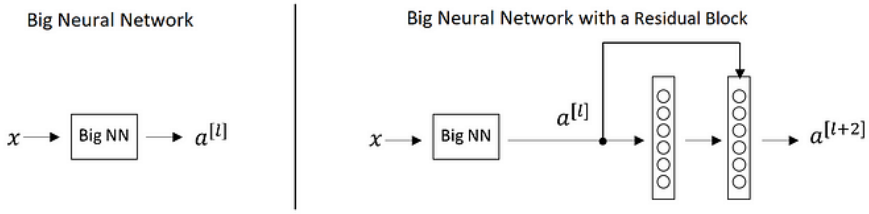


Рис 3.3. Порівняння звичайної та ResNet мереж

Успіх ResNets можна пояснити кількома ключовими факторами:

1. Залишкові з'єднання та відображення ідентичності: ResNets запровадила пропускні з'єднання, також відомі як залишкові з'єднання, які дозволяють входу залишкового блоку оминати блок і безпосередньо впливати на вихід. Цей простий механізм дозволяє мережі легше вивчати відображення ідентичності, ефективно зменшуючи проблему деградації. Якщо залишкове відображення близьке до нуля, то тотожне відображення може бути вивчене за допомогою цих пропускних зв'язків, що дозволяє мережі ефективно поширювати градієнти і уникати зникаючих/вибухаючих градієнтів.

2. Полегшення оптимізації та поширення градієнта: переформулювавши завдання навчання як вивчення залишкового відображення, ResNets полегшує оптимізацію та збіжність мережі під час навчання. Залишкові зв'язки забезпечують короткий шлях для проходження інформації, що дозволяє більш ефективно поширювати градієнт і полегшує проблему зникнення/вибуху градієнта, яка часто вражає дуже глибокі мережі.

3. Повторне використання функцій та багато-шляхові представлення: ResNets полегшує повторне використання елементів, дозволяючи мережі передавати елементи з попередніх шарів безпосередньо до наступних шарів через залишкові зв'язки. Це дозволяє мережі спиратися на існуючі функції і вдосконалювати їх, замість того, щоб вивчати все з нуля на кожному рівні. Крім того, багатошляхові представлення, створені залишковими зв'язками, дозволяють мережі охоплювати більш різноманітні та складні об'єкти.

В запропонованому рішенні, однак, буде виростаний метод візуального спостереження задля обмеженості обчислювальних ресурсів та залишкові мережі побудованої глибоких нейронних мереж та реалізованої в бібліотеці dlib.

3.2. Вибір та реалізація моделі розпізнавання обличь

Запропонований прилад мав поєднувати невисоку ціну і достатню продуктивність для виконання розпізнавання з відео потоку від відеокамери високої роздільної здатності в режимі реального часу.

Для опрацювання вхідних даних було обрано бібліотеку Dlib (http://dlib.net), популярну, відкриту, таку, що має хорошу підтримку, документацію, готові моделі для детектування обличь і, головне, таку, що може використовувати апаратну акселерацію Jetson пристроїв. Деякі складнощі може викликати вибір версії бібліотеки, деякі версії працювали нестабільно, можливо, це була особливість саме з цією апаратною платформою. Нашим вибором стала версія 19.21, не найсвіжіша, але така, що зарекомендувала себе добре з точки зору продуктивності та стабільності.

Jetson Nano наймолодша модель у лінійці вбудованизх рішень NVIDIA і були певні побоювання, чи вистачить обчислювальної потужності для вирішення цього завдання. Тому першим етапом робіт були виконані бенчмарки продуктивності на цільовій платформі за допомогою відкритої бібліотеки Face Recognition Python (github.com/ageitgey/face_recognition) . Це чудовий продукт для швидкого прототипування, що працює на різних платформах і є, фактично, високорівневою обгорткою для обраної нами dlib.

Виконані тести показали, що продуктивності платформи достатньо за умови використання dlib бібліотеки, скомпільованої з підтримкою CUDA, і правильного вибору формату вхідних даних.

file	resolution	Jetson resize	Jetson full
('me20.jpg',	602x400	0.76	0.73
('me40.jpg',	1203x800	0.70	2.45
('me60.jpg',	1805x1200	0.76	5.49
('me80.jpg',	2406x1600	0.77	9.73
('me100.jpg',	3008x2000	0.78	15.16

Рис 3.4. Швидкість обробки зображення. +++

Наступним етапом робіт було додавання роботи з камерою в програмне забезпечення на приладі. До Jetson Nano може бути підключено безліч камер, ми використовували IMX477. Jetson Nano Development Kit містить два CSI інтерфейси для під'єднання камер, цей інтерфейс є кращим за USB з точки зору продуктивності.

Ми використовуємо фронтальну 12-ти мегапіксельну камеру, яка спрямована на користувача. На жаль Jetson Nano недостатньо продуктивний для використання 12-ти мегапіксельного кадру, тому нам доводиться його зменшувати до прийнятного розміру, використовуючи такі техніки: як джерело відеопотоку використовується пайплайн з акселерованого gstreamer. Він дає змогу виконувати всі необхідні трансформації (зменшення масштабу вхідного кадру, віддзеркалення, конвертування формату пікселів) без задіяння CPU. Для перехоплення кадрів, що надходять з камери, Qt, починаючи з версії 5.5 має спеціальний механізм QabstractVideoFilter який ми і використовуємо в додатку.

Підсумую, для досягнення оптимальної продуктивності було використано такі механізми:

1. Максимальне використання акселерованого gstreamer для підготовки кадру, оптимального з погляду роздільної здатності та формату пікселів.
2. Проріджування відео потоку, потік у 30FPS надлишковий для цього завдання.
3. Використання акселерованих версій бібліотек.

У кожному оброблюваному кадрі виконується пошук фрагмента, що містить обличчя, і виконується нормалізація цього фрагмента, за необхідності поворот і центрування.

Нарешті після цього нормалізоване обличчя конвертується у вектор у 128-мірному просторі, який використовується для подальшого порівняння з

наявними зразками у відповідному модулі, який приймає рішення ці авторизована людина яку бачить камера чи ні, і яка це людина з точку зору системи, тобто ідентифікатор користувача, його права доступу до даних та функцій додатка.

3.3. Висновки до розділу

Таким чином, дослідження, представлене в цьому розділі, демонструє наявні методи розпізнавання обличь, мміркування що до оптимальності використання деяких методів, а також приклад вибіра та реалізації обраного метода в запропонованому приладі.

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі зроблено огляд літератури, аналітичних та комп’ютерних джерел по поточним викликам сучасності та проблемам яки постають перед сучасними виробництвами. Запропоновано рішення яке реалізує базові, але ключові функції. Вони є фундаментом, на якому можна побудувати більш на яких може бути побудована більш повна функціональність, наприклад функції виявлення та розпізнавання інструменту іншою камерою, додавання релейного модуля для керування магнітним замком на ящику для інструментів, інтеграція голосового асистента, впровадження гео-зонування та багато іншого. Запропонований та проведений експеримент не тільки вирішує завдання на диплом, але й посилюють представлення та розвиток в напрямку концепції цифрових двійників, і інших частин Індустрії 4.0.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Fortune. 2020. “94% of the Fortune 1000 are seeing coronavirus supply chain disruptions.” Fortune. https://fortune.com/2020/02/21/fortune-1000-coronavirus-china-supply-chain-impact/.
2. Foundry. 2022. “Digital Business Study.” Foundry. https://resources.foundryco.com/download/digital-business-executive-summary.
3. Ingenjörsdagen. 2022. “Göteborg 9th of November - Engineer Day 2022 Archive 2022.” Ingenjörsdagen. https://ingenjorsdagen.se/en/goteborg-2022/.
4. Lv, Zhihan, and Elena Fersman, eds. 2022. Digital Twins: Basics and Applications. N.p.: Springer International Publishing.
5. PTC. 2021. “The State of Industrial Digital Transformation.” PTC. https://www.ptc.com/-/media/Files/PDFs/IoT/State-of-Digital-Transformation-2021.pdf.
6. UN FOUNDATION. 2022. “Climate Issues To Watch In 2023: Toward Cop 28 And Faster, More Urgent Climate Action.” UN Foundation. https://unfoundation.org/blog/post/climate-issues-to-watch-in-2023-toward-cop-28-and-faster-more-urgent-climate-action.
7. UNHCR. 2022. “Refugee Statistics.” UNHCR. https://www.unhcr.org/refugee-statistics/.
8. World Bank. 2023. “Global Economic Prospects: Sharp, Long-lasting Slowdown to Hit Developing Countries Hard.” World Bank. https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2023/01/10/global-economic-prospects.
9. SSRN Electronic Journal. June 20207(6): p. 176-185. “Facial Recognition Technology”. University of Cumbelands.

https://www.researchgate.net/publication/380465477_FACIAL_RECOGNITION_TECHNOLOGY.

10. Sai Wang. The Application of Face Recognition System. In Proceedings of the 2021 International Conference on Social Development and Media Communication, SDMC 2021. Beijing Jingshan School Caofeidian Branch, Tangshan Hebei Province, 063202
11. Schwenker F. Hierarchical support vector machines for multi-class pattern recognition. Fourth International conference on Knowledge- Based Intelligent Engineering Systems & Allied Technologies. Brighton, UK, 2000.
12. Rawlinson, T., A. Bhalerao , and W. Li . "Principles and Methods for Face Recognition and Face Modelling." Igi Global. 2010
13. Jonathan Connell. Physics-based revocable face recognition. In Proceedings of the IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, ICASSP 2008, March 30 - April 4, 2008, Caesars Palace, Las Vegas, Nevada, USA
14. Amato, G., Carrara, F., Falchi, F., Gennaro, C., & Vairo, C. (2018, October). Facial-based intrusion detection system with deep learning in embedded devices. In Proceedings of the 2018 International Conference on Sensors, Signal and Image Processing (pp. 64-68). https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3290589.3290598.
15. Hartzog and Selinger. 2018. "Facial Recognition is the Perfect Tool for Oppression." Medium, August 3. https://medium.com/s/story/facial-recognition-is-the-perfect-tool-for-oppression- bc2a08f0fe66.
16. Ishaq Azhar Mohammed, "IDENTITY AND ACCESS MANAGEMENT AS SECURITY-AS-A- SERVICE FROM CLOUDS", International Journal of Creative Research Thoughts (IJCRT), ISSN:2320-2882, Volume.5, Issue 4, pp.789-793, November 2017. http://www.ijcrt.org/papers/IJCRT1134132.pdf

17. Yeruva Ramana Reddy, "Automation and Artificial Intelligence in Construction and Management of Civil Infrastructure", International Journal of Emerging Technologies and Innovative Research. ISSN:2349-5162, Vol.6, Issue 5, pp. 429-432, May 2019. http://www.jetir.org/papers/JETIR1905X51.PDF
18. R. Bolle, J. H. Connell, S. Pankati, N. K. Ratha, and A. W. Senior, Guide to Biometrics, Springer verlag, 2003.
19. M. Savvides, B. V. K. Vijayakumar, and P. K. Khosla, “Cancelable biometrics filters for face recognition,” in Proceedings of International Conference on Pattern Recognition, 2004, vol. 3, pp. 922–925.